பொறியாண்மை நுட்ப விளக்கம்

(அடங்கல் 1)

ஆக்கம்

அய்யூர் : இ. அப்பாஸ் மந்திரி, எல். சி. இ.,

வெளியீடு

தமிழ்நாடு பொறியியல் சங்கம்

(பொதுப்பணித்துறை)

சேப்பாக்கம் சென்னை - 5.

...ாறியாண்மை நுட்ப விளக்கம்

(அடங்கல் 1)

ஆக்கம்

அய்யூர் இ. அப்பாஸ் மந்திரி, எல். சி. இ.

வெளியீடு

தமிழ்நாடு பொறியியல் சங்கம்

(பொதுப்பணித்துறை)

நிறுவனம் : 1910

...ங்கீகாரம் : அரசினர் ஆணை எண் : எம். எஸ். 822

தேதி 27-9-1928

...ாக்கம் சென்னை-5

முதற் பதிப்பு — ஜூலை 1973 — 2000 சுவடிகள்.

விலை ரூ. 2-00

திருவருள் அச்சகம், ஆரப்பாளையம் மெயின் ரோடு, மதுரை-10.

மாண்புமிகு தமிழக முதலமைச்சர் உயர்திரு டாக்டர் கலைஞர் அவர்களின் அணிந்துரை.

முதலமைச்சர் சென்னை.

21-9-73

உலகப் பெரும் மொழிகள் ஐந்தினுள், இன்றுவரை அழியாது, சீரிளமைத்திறம் மாறுமல் – எழில் குலையாமல் – நின்று நிலவுவது தமிழ் மொழியே! இதற்குக் காரணம் தமிழின் சொல்வளமேயாகும்! ஆயினும் தமிழின் வளமறியாத சிலர், 'தமிழில் என்ன இருக்கிறது?' என்று கேட்டு வருகின்றனர். அவர்கள் கூற்று உண்மையல்ல என்பதற்குத் திரு. அப்பாஸ் மந்திரி அவர்கள் ஆக்கியுள்ள 'பொறியாண்மை நுட்ப விளக்கம்' [அடங்கல்-1] என்ற நூல் நல்லதொரு சான்ருக உள்ளது.

பொறியியலில் நாம் எவ்வளவோ முன்னேறியிருந்தும். அதைத் தாய்மொழியாம் தமிழில் அறிந்திடவும், அறிவித்திடவும் இதுவரை வாய்ப்பில்லாதிருந்து வந்தது. அக்குறையைப் போக்கிட திரு. அப்பாஸ் மந்திரியும், தமிழ்நாடு பொறியியல் சங்கமும் முன்வந்திருப்பது மிகவும் பாராட்டிற்குரியதாகும்.

தமிழார்வம் உள்ளவர்கள் அனைவரிடத்திலும் இருக்க வேண்டிய நன்னூல் இது— அழகு முகத்திலே குருமறுக்கள் தோன்றி அழகைக் குறைப்பது போல் இந்நூலின் முதலிலேயே, பிழைதிருத்தம் வெளியிட்டுள்ளது இந்நூலின் தரத்தைக் குறைப்பதாக உள்ளது. இனிவரும் வெளியீடுகளிலாவது இப்பிழையைத் தவிர்த்தல் நலம்

இந்நூல் பொறியியலாளர்களுக்குப் பயன்படும் வகையில் அமைந்துள்ளது. அடுத்து, பொறியியல் நுட்பங்களை பாமர உழவர்களும் தெரிந்துகொண்டு, தங்கள் வாய்க்கால்களை அமைத்துக் கொள்ளவும், பம்பு செட்டுகளை நிறுவிக் கொள்ளவும், மாட்டுக்கொட்டகைகளைக் கட்டிக் கொள்ளவும் உதவும் வகையில் பொறியியல் நுட்ப நூல்களைத் தமிழ் நாடு பொறியியல் சங்கம் வெளியிட முன்வர வேண்டும். அப்பொழுதுதான் ஏழையெளிய பாமர, பாட்டாளி, சாமான்ய மக்கள் முன்னேற முடியும்; சமதர்ம சமுதாயம் அமைக்க முடியும்! எனவே அப்பணியில் ஈடுபட, முன்னோடியாக விளங்கும் இந்நூலை எல்லோரும் வாங்கிப் படிப்பது கடமையாகும்.

மாண்புமிகு தமிழ்நாடு சட்டமன்றத் துணைத்தலைவர் உயர்திரு ம. பொ. சிவஞானம் அவர்களின் அணிந்துரை

ம. பொ. சிவஞானம்
துணைத்தலைவர்
தமிழ்நாடு சட்ட மன்றம்

புனித ஜார்ஜ் கோட்டை
சென்னை – 9.
6 - 10 - 73

"பொறியாண்மை நுட்ப விளக்கம்" என்னும் பெயரில் திரு. இ. அப்பாஸ் மந்திரி, எல். சி. இ., அவர்கள் எழுதி வெளியிட்டுள்ள நூலைப் படித்தேன் — மகிழ்ந்தேன். விஞ்ஞானத் துறையில்—குறிப்பாக, பொறியியல் துறையில் இந்நூல் தமிழ் மொழியின் வளர்ச்சிக்குப் பெரிதும் உதவி புரிவதாகும். பொறியியல் துறையில் ஒருவர் வல்லுநராக இருக்கலாம்; ஆனால் அவர் பொறியியல் கலையை, நுணுக்கங்களைத் தமிழிலே நூலாக்குவது என்பது அவ்வளவு எளிதல்ல. அன்பர் அப்பாஸ் மந்திரி அதனை மிக எளிதாகச் செய்து முடித்திருக்கிறார். தூய தமிழிலே எழுதியிருக்கிறார் என்றும் சொல்ல வேண்டும். பொறியியல் கலையை வளர்க்கும் நோக்கோடு சங்க இலக்கியச் செய்யுள்களையும் எடுத்துக்காட்டாகக்

கையாண்டு உள்ள திறன் பாராட்டத்தக்கதாகும். ஆங்கிலச் சொற்களையும் ஆங்காங்கே எடுத்தாண்டுள்ளார். ஆயினும், தமிழின் தனித்தன்மையைக் குறைக்காத வகையில் மிகுந்த எச்சரிக்கையுடன் அதனைச் செய்து இருக்கிறார்.

பொறியாண்மை நுட்ப விளக்கம் பற்றிய நூலாயினும் ஓர் இலக்கியத்தைப் படிக்கிறோம் என்ற உணர்வோடு இந்நூலைப் படிக்க முடிகின்றது.

பல்கலைக்கழகப் பாடங்களுக்குத் தமிழே பயிற்சி மொழியாக வேண்டும் என்னும் கோரிக்கைக்கு வலுவூட்டுகிறது இந்நூல். அன்பர் அப்பாஸ் அவர்கள், தமிழில் பொறியியல் கலையைப் பயிற்றுவிக்க முடியாது என்று கூறுவோருக்கு, இந்நூலின் மூலம் 'முடியும்' என்று பதிலளித்திருக்கிறார்.

ஆசிரியர் அய்யூர் இ. அப்பாஸ் மந்திரி எல்.சி.இ., அவர்களுக்கு என் நல்வாழ்த்துக்கள். அவரை மன நிறைவோடு பாராட்டுகிறேன். இன்னும் பல நூல்கள் எழுதி வெளியிடும் அளவுக்கு அவரது ஆற்றல் வளர வேண்டுமென்றும் வாழ்த்துகின்றேன்.

இந்நூலை வெளியிட்டு, தமிழின் வளர்ச்சிக்குத் துணை புரிந்துள்ள தமிழ்நாடு பொறியியல் சங்கத்தாரைப் பாராட்டுகின்றேன்.

ம. பொ. சிவஞானம்.

தமிழ் நாடு பொறியியல் சங்கத்தலைவர் அவர்களின் முன்னுரை.

"சென்றிடுவீர் எட்டுத்திக்கும் — கலைச்
செல்வங்கள் யாவும் கொணர்ந்திங்குசேர்ப்பீர்"

எழுச்சிக்கவிஞர் பாரதியாரின் கனவை நனவாக்கும் வகையில் எத்தனையோ அறிஞர் பெருமக்கள், பல்வேறு துறைகளில் உள்ள கலைச் செல்வங்களைத் தமிழில் மொழிபெயர்த்தும், ஊற்ற முதல் நூலாக உருவாக்கம் செய்தும் அளித்திருக்கின்றனர். அந்தவகையில், பொறியியல் துறையில் எங்களின் சிறு முயற்சியான இந்நூலை தமிழ் அவையினர் திருமுன் படைக்கின்றோம்.

தமிழ்ப் புரவலர்களும், தமிழறிஞர் பெருமக்களும் பாராட்டும் வகையிலே இலக்சியச்சுவையுடன் அமைந்துள்ள இந்நூலை வெளியிடும் வாய்ப்பினை கிடைத்தற்கரிய பெரும் பேருகக் கருதுகிறோம். இவ்வளவு சிறப்புடன் இந்நூலை எழுதி, எங்களுக்கு இந்த நல்வாய்ப்பினை வழங்கிய பொறியாளர் அய்யூர் இ. அப்பாஸ் மந்திரி அவர்களை தமிழ்நாடு பொறியியல் சங்கத்தின் சார்பிலும், இலட்சக்கணக்கான டிப்ளமோ பொறியாளர் சார்பிலும் மனநிறைவோடு பாராட்டுகிறேன்; பல்லாண்டு வாழ்க என வாழ்த்துகிறேன்.

இந்நூலின் சிறப்பிற்கு மெருகேற்றும் வகையில், பெருமனம் கொண்டு அணிந்துரைகளை வழங்கியருளிய மாண்புமிகு தமிழக முதலமைச்சர் உயர்திரு. டாக்டர். கலைஞர் அவர்களுக்கும், மாண்புமிகு தமிழ்நாடு சட்டமன்றத் துணைத்தலைவர் உயர்திரு. மா பொ. சிவஞானம் அவர்களுக்கும், சங்கத்தின் சார்பில், இதயங்கலந்த நன்றி மலர்களைக் காணிக்கையாக்குகிறோம்.

தமிழ்நாடு பொறியியல் சங்கத்தின் மணிவிழாவன்று வெளியிடப்படும் இந்நூல், தமிழன்னையின் மகுடத்தில் ஒளி வீசித் திகழும் மணிகளில் ஒன்றாக விளங்கும் என்பதுடன் தமிழகம் இந்நூலுக்கு பேராதரவு நல்கும் எனத் திண்ணமாய் நம்புகிறோம்.

சு. கணபதி
செயற் பொறியாளர் பொ. ப. து.
தலைவர்
தமிழ்நாடு பொறியியல் சங்கம்
பொதுப்பணித்துறை.

உலகம் அனைத்தையும் படைத்துப் புரக்கும் அலகிலாப் பரம்பொருள் திருப்பெயர்த்துணையால்

திருவருட் சால்பு பொருந்துவதாக!

பல்லாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்னமேயே சில் வகை எழுத்தில், பல்வகைப் பொருளை, செவ்வனுடியில் செறித்து இனிது விளக்கிய தமிழ்ச் சான்றோர்களையும், அண்மை ஊழிப்பருவத்தில் நுண்மையான ஆய்வுத்தவம் புரிந்து இயற்கை உண்மைகளை எல்லோர்க்கும் பயன்படும் வண்ணம் எண்மையாக்கிவரும் அறிவியல் முனைவர்களையும் போற்றுகின்றேன்.

அறிவியல் உண்மைகளைத் திறம்படப் பொருத்தி பொறியியல் களத்திலே உடல் உழைப்பாலும் மூளை உழைப்பாலும் சமுதாயத்தின் நாகரிக அணிவகுப்பை நடாத்தும் பொறியாளர் இனத்தைப் போற்றுகிறேன்.

எழுத்தாக்கத்தின் எழுச்சி வரலாறு

பாசன இயல் என்ற பட்டாங்கு நூலைப் படைத்தளித்த பொறியாளர் பெருந்தகை தளவாய் உயர்திரு எல்லிசு அவர்கள் தம்நூலிலே, நீராள உண்மைகளுள் ஒவ்வொன்றையும் எடுத்துக்கொண்டு அதனைத் தொடர்புறுத்தி பாசனக்கட்டுமானங்களைப் பற்றி தொகுத்து விளக்கிச் செல்கின்றார். இதனால் பாசனத்திட்டங்களை இயற்றும்பொழுது, தேவைப்படும் செய்திகளை, பல அதிகாரங்களிலிருந்தும் திரட்ட வேண்டியுள்ளது. எனவே

புதிதாக நீர்த்தேக்கம், கண்மாய் அல்லது சிறிய அணைக் கட்டு ஒன்றிற்குத் தேவையான செய்திகளை, ஒவ்வொரு திட்டத்திற்கு உரியனவற்றை மட்டும் தொகுத்து தமிழில் குறிப்புச்சுவடி போன்று ஆக்கினால் இளைய தலைமுறையினர்க்கும் மற்றவர்க்கும் பெருந்துணையாய் இருக்கும் என்று கருதினோம். பாசன இயலில் கருதத்தகுந்த தேர்ச்சியுடைய கெழுதகை நண்பர் உயர்திரு. ஜெ. நா. விவேகாநந்தன், எல். சி. இ. அவர்களை இம்முயற்சியை மேற்கொள்ளுமாறு வேண்டினேன். "முதற்கண், பாசன இயலுக்கு அடிப்படையான பௌதிக உண்மைகளை நீங்கள் எழுதுங்கள்!" என்று அடியேனைத் தூண்டினார் அவர். மேலும், எழுதும்பொழுதெல்லாம் என் உடனிருந்து, ஒரு நெறியாளருக்குரிய பாங்கில் திருத்தங்கள் தந்து இதற்கு நேர்த்தியை எய்துவித்தார்.

பொறியாண்மையுடன் பொருத்தப்படும் அறிவியல் நுட்பங்களைத் தொகுத்தலின் வாயிலாக, அஃதையும் தாய்த்தமிழில் வரைவதினால், அறிவும் உணர்வும் மலர்கின்றமையை நுகர்ந்தேன். அதன் கமழ்வுக்கு 'பொறியாண்மை நுட்ப விளக்கம்' என்று பெயர் சூட்டி மகிழ்ந்தேன். நுட்பவிளக்கம், சிறியேனாகிய என் எழுத்தாக்கத்தில் இல்லை. எடுத்துக்கொண்ட செய்தியிலும் தமிழ்ச் சொல்லின் மாட்சியிலுமே அது இருக்கின்றதால் இவ்வாறு தலைப்பு அளிக்கத் துணிந்தேன்!

கவர்ச்சி மிசைந்த கதைகள்தாம் எழுத்தாக்கங்கள் என்றுள்ள அங்காடி நிலவரத்தில், பொ. நு. வி. கட்டுரைகளை தன் அலுவலகச் செய்தி ஏடான "**பொறியியல் கதிர்**" திங்கள் இதழில் **மாண்புமிகு தமிழ்நாடு**

பொறியியல் சங்கம் (பொதுப்பணித்துறை) அவ்வப்போது தொடர்ந்து வெளியிட்டதோடு, புத்தக வடிவில் இப்பொழுது புறம்தருகின்றது என்றால் அதன் தூய தொண்டை என் சொல்லி வாழ்த்துவேன்! அதற்கு அடியேன் என்ஞான்றும் கடப்பாடு உடையேன் என்பதைப் பணிவுடன் தெரிவித்துக்கொள்கிறேன்.

அவைக்குமுன் பணிவடக்கம்!

பொறியாண்மை நுட்பம் என்பது கடல் போன்று பெரும் பரப்பும் ஆழமும் உடையது. சிறிய தடாகமாகத் தான் இச்சிற்றேட்டை தமிழ் அவையினர் திருமுன் படைக்கிறேன். மழலையேன் மொழிகளைச் செவியேற்று தமிழ் அவை இன்புறும் என்ற உறவுடமை உணர்வால் தான் திருமுன் வைக்கிறேன்!

ஆட்டுவித்தால் யாரொருவர் ஆடாதாரே?

திருவருள் கூட்டுவித்தால் பொறியாண்மை நுட்ப விளக்கத்தின் அடுத்த அடங்கல்கள் வெளிவரும். தமிழ் அமிழ்தை ஊட்டி, இப்பணியில் ஆட்டுவிக்கும் **அவனை** வழுத்தி, நன்றி மலர்களைச் சொரிந்து களிகூர்ந்து நிற்கும்,

பட்டுக்கோட்டை

10—7—1973

அடியேன்,

[இ. அப்பாஸ் மந்திரி]

தமிழ்நாடு பொறியியல் சங்க மாநில வெளியீட்டுச் செயலாளரின் முகவுரை

பொறியாண்மை நுட்ப விளக்கம் என்ற இவ்வேடு புதியவழியைப் பின்பற்றி பொறியாளர் அப்பாஸ் மந்திரி எல். சி. இ., அவர்களால் எழுதப்பெற்றதாகும். பாடப் புத்தகம் போன்ற செய்தி ஒழுங்கும், பொதுமக்களுக்காக பத்திரிகைகள் கடைப்பிடிக்கும் விளக்க எளிமையும், பழந் தமிழ் இலக்கண நுட்பச் செறிவுப் பாரம்பரியமும் ஒருங்கே கொண்ட புதியவழியில் பொறியாண்மை நுட்ப விளக்கம் ஏற்றப்பட்டிருக்கிறது. அதுமட்டுமல்ல; துணுக்குத் துணுக் காக விஞ்ஞான உண்மைகளை நிற்கவைக்காமல், ஒன்றுக் கொன்றுடன் உள்ள தொடர்பை ஆற்றொழுக்காய் இனிய முறையில் சம்பந்தப்படுத்தப்பட்டிருக்கிறது.

மேலும், "இது, இதுதான்" என்று திட்டவட்ட மாக இந்நூலில் ஐயம் திரிபின்றி செவ்வனே செய்திகள் உணர்த்தப்பட்டிருக்கின்றன.

எல்லாவற்றிற்கும் மேலாக, ஆராய்ச்சி மனப்பாண்மை இந்த நூலில் தூண்டிவிடப்பட்டிருக்கிறது.

தமிழ்நாடு பொறியியல் சங்கத்தின் இயக்கக் கருவி யான பொறியியல் கதிர்த் திங்கள் இதழில் பொ. நு. வி. கட்டுரைகள் ஏற்கனவே வெளியிடப்பட்டன. அவற்றைக் கண்ணுற்றமூத்த பொறியாளர் ஒருவர் கூறிய பாராட்டுரை களை இங்கு குறித்தல் இந்நூலின் சிறப்பைத் தெள்ளிதின் காட்டுவதாக அமையும். கண்காணிப்புப் பொறியாளராக (சூப்பரின்டெண்டிங் எஞ்சினீயர்) அப்பொழுதிருந்த அவர்

தற்பொழுது முதன்மைப் பொறியாளராக (சீஃப் எஞ்சினீய ராக) உள்ளார். அத்தகைய பொறுப்புச்சிறப்பு மிக்கவர் கூறினர்.

"தமிழில் கல்லூரி கல்வியைக் கொண்டு வர வேண்டும் என்ற கருத்தை நான் ஒப்புக்கொண்டாலும், விஞ்ஞானம், பொறியியல் முதலான தொழில்நுட்பங்களை ஆங்கிலத்தில்தான் கற்க வேண்டும் என்ற அபிப்ராயத்தை கொண்டிருந்தேன். ஆனல், இந்தக் கட்டுரைகளைப் படித்த பிறகு, அந்த அபிப்ராயத்தை மாற்றிக்கொண்டுவிட்டேன். தமிழில்தான் எல்லாம் இருக்கவேண்டும். எவ்வளவு அருமையாக மிகவும் நெரடான நுட்பங்களை இக்கட்டுரை கள் பட்டவர்த்தனமாய் விளக்குகின்றன ! என்னுடைய பாராட்டுக்களை இதன் ஆசிரியர்க்குத்தெரிவியுங்கள்".

வசிஷ்டர் வாயால் ப்ரம்ம ரிஷி ! இந்தப் பாராட்டை மிகுந்த பெருமிதத்துடன் நூலாசிரியரிடம் போய்ச் சொன்ன பொழுது அந்த மனிதர் சிறிதும் பெருமையில்லாமல் என்ன உரைத்தார் என்பது என்னை நெகிழ வைத்துவிட்டது ! அவர் சொன்னர், "என்னை ஏன் ஐயா பாராட்டுகிறீர்கள்? தமிழின் வல்லமையை இப்பொழுதாவது முழுமையாக உணருங்கள் ! நம் தமிழ்ப் பாட்டனர்களை — வள்ளுவனை சங்கப்புலவர்களை, இளங்கோவை, தொல்காப்பியனை, பவணந்தியைப் புகழுங்கள் ஐயா! தமிழ்மொழியை எப்படி வல்லமைப்படுத்தி வைத்திருக்கிருர்கள் தெரியுமா ? அவர் களின் அமிழ்தக் கலங்களிலிருந்து ஒரு சிறிய அகப்பையைத் தான் எடுத்துப் பயன்படுத்தியுள்ளோம். உலகத்தின் எந்த மூலையில் வெளியானலும் புதிய அறிவியல் நூல்களை, அவை வெளிவந்த 24 மணி நேரத்தில் தங்கள் மொழியில் ஆக்கிக்

கொள்ளும் அளவுக்கு ஜெர்மனியில் ஏற்பாடு இருக்கிறது. அதைப்போன்ற அமைப்பு இங்கு வேண்டும். தமிழகத்தில் தமிழ் விஞ்ஞான சகாப்தம் உருவாக வேண்டும்.

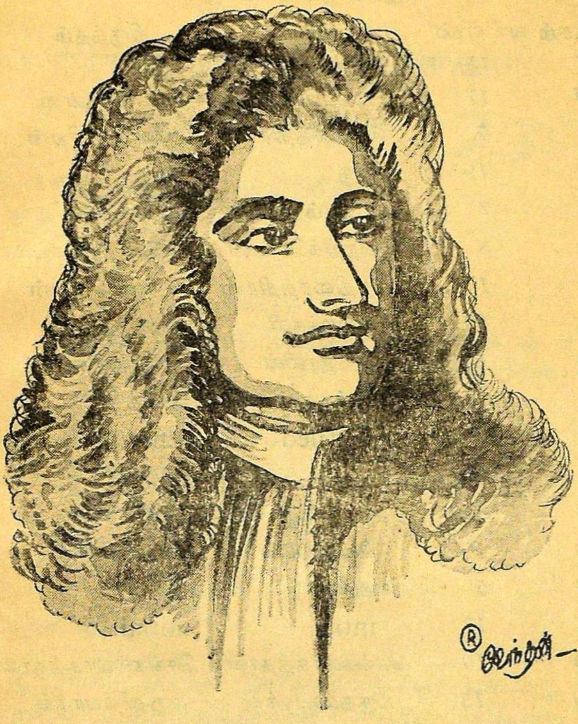
மேலும் தொடர்ந்து எழுதச் சொன்னேம். தமக்குள்ள அலுவல் பொறுப்பு காரணமாக அவருக்கு அது சுணங்குகின்றது. எனினும் ஏற்கனவே பொறியியல் கதிரில் வெளி வந்தவற்றையாவது தொகுத்து நூலாக வெளியிடுவோம் என்று கருதினேம். இந்நூல் அளவில் சிறியதுதான், ஆனல் சிறப்பில் பெரியது. எனவே தமிழ்நாடு பொறியியல் சங்கம் அதனை வெளியிட்டுள்ளது.

தமிழகம் இந்நூலுக்கு ஆதரவு நல்கும் எனத் திண்ணமாய் நம்புகிறேம். பொறியாண்மை நுட்ப விளக்கத்தின் அடுத்தடுத்த அடங்கல்களை வெளியிடும் வாய்ப்புக்களையும் தமிழகம் உருவாக்கும் என்று நம்புகிறேம்.

அன்பன்

மதுரை
10-7-1973

பொறியாளர் **ஜெ. நா. விவேகானந்தன்**, எல். சி. இ.
மாநில வெளியீட்டுச் செயலாளர்
தமிழ்நாடு பொறியியல் சங்கம



உயர்திரு சர் ஐசக் நியூட்டன் பெருமானுர்

அறிவியல் வரலாற்றில் புத்தூழியைப் படைத்த
ஆராய்ச்சிப் பெருந்தகை சர் ஐசக் நியூட்டன்
பெருமகனுரின் பெயருக்கு,

இச்சிற்றேடு காணிக்கை!

பிழை திருத்தி அருள்வீர்!

பக்கம்	வரி எண்	பிழை	திருத்தம்
IV	15	ஜயம்	ஐயம்
IV	17	மனப்பாண்மை	மனப்பான்மை
1	5	வேலைத்திரன்	வேலைத்திறன்
1	19	ஒரு	ஒரு
2	7	பரியும்	புரியும்
2	8	இவற்றிக்கெல்லாம்	இவற்றிற்கெல்லாம்
3	14	குதிரைத்திரன்	குதிரைத்திறன்
7	10	ஏறறக்கலி	ஏற்றக்கலி
12	13	இந்துாலின்	இந்நூலின்
12	18	சேர்ந்து	சேர்த்து
23	கடைசியிலிருந்து மூன்ருவது	Enfiled	Enfield
25	21	ஓர்	ஓர்
26	10	வெதுபபல்	வெதுப்பல்
27	5	அனவு	அளவு
27	17	intial	initial
29	10	செங்கலாகத்தான்	செங்கல்லாகத்தான்
30	13	மருதலையாக்கி	மறுதலையாக்கி
35	4	என்றுல்	என்ருல்
35	7	கன்னத்தைத்	சுன்னத்தைத்
36	கீழேயிருந்து ஐந்தாவது	துவககக	துவக்கக்
37	1	ஒதியுள்ளோம்	ஓதியுள்ளோம்
65	20	copacity	capacity
70	6	ஆந்றலை	ஆற்றலை

பொறியாண்மை நுட்ப விளக்கம்.

எழினி 1: அறிமுகம்

1. பொறியாண்மைத் துறையில்
அடிக்கடி வழங்கப்படும் சொற்கள்.

விசை (Force)
வல்லமை (Power)
வேலை ஆற்றல் அல்லது வேலைத்திறன் (Work done)
ஆற்றல் (Energy)
விரைபாங்கு (Velocity)
அசைவாகு (Moment)
அழுக்கம் (Pressure)
அசைவாரம் (Momentum)
ஈடமை இருப்பு (Equilibrium)

இன்னோரன்ன ஆகும்.

இவற்றைச் சார்ந்து கணிக்கப்பட்டுள்ள பல்வேறு அலகுகள் (Units), சூத்திரங்கள் விரவிய நுட்பமான வலைப்பின்னலே பொறியாண்மை என்று கூறலாம்! இவ்வலைப்பின்னலின் ஒவ்வொரு கணுவையும் பற்றித் திட்டவட்டமாக, திண்ணவண்ணமாகத் தெரிந்து கொள்ளல் ஒரு பொறியாளருக்கு, சிக்கல் இல்லாமல் மேற்கொண்டு தொடருதற்கு இன்றியமையாததாகும். இவற்றைத் தொகுத்தும், வகுத்தும், விரித்தும் காணத் தொடங்குவோம்.

எழினி 2: தொகுப்புரை

2. கட்டுக்கோப்புகள்

ஒரு கட்டட அமைப்பில், அதன் ஒவ்வொரு கட்டுமான உறுப்பும், பொறியாண்மை நுட்ப முறையில், அளவு, வடிவம் ஆகியவை சரியாகக் கணிக்கப்பட்டு, பொருத்தப்படுகின்றது. ஒவ்வொரு உறுப்பின் மீதும், பிறவுறுப்புக்களின் எடைகளால் அவ்வெடைகள் செயல் புரியும் திசைகளில், பல்வேறு விசைகள் தாக்குகின்றன. இவற்றிக்கெல்லாம் ஈடுகொடுத்து அசையாநிலையில் — நிலையாண்மையில் முழுக்கட்டடமும் அமைதல் வேண்டும். அப்பொழுது அது ஈடமையிருப்பினைப் (Equilibrium) பெற்றதாகக் கருதுகிறோம்.

பாசனத் தேக்கங்களை நிறுவும்பொழுது, பேரணைகளையும், மறுகால் கலுங்கு, மதகு முதலிய கட்டுமானங்களையும் அமைக்கிறோம். நீரின் அழுத்த ஆற்றல், அதனால் விளையும் கிளர்த்தி ஆற்றல் (Kinetic energy) இவற்றைக் கணிக்க உதவும் செய்திகளான விரைபாங்கு (Velocity) முதலியனவெல்லாம் இத்தகைய கட்டுமான அமைப்புக்களைக் கணிக்கத் தேவைப்படுகின்றன. இங்கு நிலையாண்மை உண்மைகளுடன் வீறுண்மை (Dynamics) உண்மைகளும் சேர்ந்து பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

3. பொறிகளும் இயந்திரங்களும் (Engines & Machines)

முற்றிலும் வீறுண்மை (Dynamics) என்ற அறிவியல்கூறு பயன்படுத்தப்படும் தேவை, பொறிகளையும்

இயந்திரங்களையும் அமைக்கும்பொழுது ஏற்படுகின்றது. பொறிகளும் இயந்திரங்களும் பல்வேறு வேலைகளைச் செய்வதற்காக ஏற்படுத்தப்பட்டிருக்கின்றன என்று சொல்லத் தேவை இல்லை. வேலை ஒன்றைச் செய்வதற்கான ஆற்றலைத் தானே விளைக்கும் அமைப்பே பொறி என்பதாகும். இயந்திரம் என்பது, ஆற்றலை வேறிடத்திலிருந்து பெற்று, இயங்குவதாகும்; அவ்வாறு இயங்கி குறிக்கப்பட்ட வேலையைச் செய்வதாகும். வேலையின் அளவை நிறுதிட்டமாகக் கணித்து, அதற்கேற்ற திறனுடன் பொறிகளும் இயந்திரங்களும் சமைக்கப்படுகின்றன.

வேலைசெய்யும் திறனைக் குறிக்க ஏற்படுத்தப்பட்ட அலகுமுறைகளில் ஒன்று **பரிவல்லமை** (**குதிரைத் திறன்** = Horse Power) என்பதாகும். '5 பரிவல்லமைப் பொறி' '25 பரிவல்லமைப் பொறி' என்று சொல்கிறோம். ஒரு பரிவல்லமை என்றால் என்ன? இவ்வினாவிற்கு விடைகாணுமுன் பொறியாண்மையில் நிறுவப்பட்டுள்ள அலகுகளின் அடிப்படையைத் தெரிந்து கொள்வோம்.

எழினி 3: வகையுரை

4. தனித்த அலகுகளும் கூட்டு அலகுகளும்

பொதுவாக உலகியல் வழக்கில், ஒரு படி நெல், ஒரு மீட்டர் துணி, ஒரு கிலோ கிராம் இரும்பு, ஒரு கன அடி கருங்கல் — இப்படிக் குறிக்கப்படும்பொழுது 1 படி, 1 மீட்டர், 1 கிலோ கிராம் 1 கன அடி முதலிய அலகுகளை ஒருவாறு விளங்கிக்கொள்கின்றோம். இவற்றைத் தனித்த அலகுகள் என்று சொல்லலாம். இந்த முறையில் காலத்தைக்குறிக்கும் அலகுகளான மணி, நிமிடம், நொடி ஆகியனவும் தனித்த அளவுகளே. இன்னொரு வகை அலகுமுறை இருக்கிறது. அதுதான் கூட்டு அலகு என்பதாகும்.

வேலை அளவைக் குறிக்க அடிப்பவுண்டு (Footpound) என்றதொரு அலகு இருக்கிறது. இஃதொரு கூட்டு அலகு. 1 பவுண்டு எடையுள்ள பண்டம் 1 அடித்தொலைவிற்கு நகருமாறு செய்த வேலையை 1அடிப்பவுண்டு என்கிறோம்.

தனித்த அலகால் உணர்த்தப்படும் பொருட்கள்— இயல்புகள் கண்ணுக்கோ கருத்துக்கோ எளிதில் புலனாகி, அவற்றின் வடிவ அளவுகள் விளங்குகின்றன. ஆனால் கூட்டு அலகுகள் இவ்வாறு பருமை உணர்வைச் சட்டென்று வழங்கா. வேலையளவைக் குறிக்கும் கூட்டு அலகு முறையில், ஒரு வேலையை 5 அடிப் பவுண்டு என்று சொன்னால், அந்த வேலை, 5 பவுண்டு எடையுள்ள ஒரு பண்டம் 1 அடி நகர்ந்ததாகவோ, 1 பவுண்டு எடையுள்ள பண்டம் 5 அடி நகர்ந்ததாகவோ

பொருள்படும். ஆதலால் '1 அடிப்பவுண்டு' என்ற அலகு பருமை உணர்வைத் தருவதில்லை. எனினும் இத்தகைய அலகுகள் தேவைப்படுகின்றன.

பொறியாண்மைக்களத்தில் பல்வேறு பண்டங்களும், இயக்கங்களும், இயக்கம் நடைபெறும் நெறிகளும், நேர அளவுகளும் பங்கு பெறுகின்றன. எனவே இவை ஒன்றுக்கொன்று கொள்கின்ற உறவுடைமையை அடிப்படையாக்கிப் பல்வேறு அலகுகள் நிறுவப்பட்டு உள்ளன. இப்பொறியாண்மை அலகுகளைத் திட்டவட்டமாக அறிந்துகொண்டால்தான், பொறியாண்மை நுட்ப அரங்கில் காட்சியாகும் பல்வேறு எழினிகள் (**Scenes**) நம் அறிவிற்கு விளங்கும்; விருந்து படைக்கும்.

எழினி 4: விரிவுரை

5. குதிரை ஏற்றம்!

பொறியாண்மைக் களத்தில் வெற்றி உலா புரிதற்கு முதற்கண் புரவியொன்றின் மீதமர்வோம்! இந்தப்புரவிதான் பரிவல்லமை என்ற அலகு!

பரிவல்லமை (Horse Power)

பொறிகளின் திறனை, பரிவல்லமை என்ற அலகால் குறிக்கின்றோம் அல்லவா?

"இந்த வேலைக்கு 5 ப. வ. பொறி போதும்" என்கிறோம். பரிவல்லமை என்றால் என்ன? வேலையின் அளவைக் குறிக்கும் அடிப்பவுண்டு அலகு, நேரத்துடன், பொருத்தப்பட்டு, 'பரிவல்லமை' என்ற அலகு நிறுவப் பட்டிருக்கிறது.

ஒரு நொடிப்பொழுதில் 550 அடிப்பவுண்டு வேலை செய்யும் திறனை 1 பரிவல்லமை என்கிறோம்.

பெட்ரோலைக்கொண்டு இயங்கும் ஒரு பொறி 5 ப.வ. உடையது என்றால் ஒரு நொடிப்பொழுதில் 5×550 அடிப் பவுண்டு வேலை செய்யும் வல்லமையுடைய அமைப்பை அப்பொறி பெற்றுள்ளது என்பதாகும். இந்த வல்லமையை பெட்ரோல் வெடித்து விளைக்கின்றது. 1 பரிவல்லமை அளவு வேலையைச் செய்ய எவ்வளவு பெட்ரோல் தேவை, அது எவ்வாறு வெடித்து, ஆற்றலை வழங்குகின்றது என்ற கணக்குகள் இருக்கின்றன. என்றாலும், எல்லாக் கணக்குகளுக்கும் அடிப்படை, செய்யப்படும் வேலையின் அளவைக் கணித்தல் ஆகும்,

6. மீண்டும் வேலையளவு பற்றி

வேலையின் அளவைக்குறிக்கும் அலகு அடிப்பவுண்டு (Foot Found) என்கிறோம். இதற்குள் பலசிக்கல்கள் இருக்கின்றன. அவற்றை விடுவிக்க "**விசை**" தேவை!

"எல்லாம் சக்திமயம்" — ஒரு கூற்று. எடுத்த எடுப்பிலேயே சொல்லிவிடுகிறோம்; விசை என்பது இவ்வாறு குறிக்கப்படும் சக்தி அல்ல! ஒரு பொருள் அல்லது இயல்பைப் பற்றிய நேரடிப்பெயர் அல்ல விசை என்பது ! வேலை அளவு என்ற அலகைக்குறிக்க அமைக்கப் பட்ட ஒரு துணை அலகுதான் விசை என்பதாகும்!

உறவுமுறை—நிலை செப்புதல் !

பிண்டம் (Mass), ஏற்றக்கலி (Acceleration), கடப்புத்தொலைவு (Distance described), கழிந்த நேரம் (Time taken) ஆகிய துணை அலகுகள் வேறு இருக்-கின்றன. இவற்றுள், பிண்டமும் ஏற்றக்கலியும், விசையைக் கணிக்கின்றன. விசையும் கடப்புத்தொலைவும், செய்த வேலையின் அளவைக் கணக்கிட உதவுகின்றன. கழிந்த நேரத்தின் அளவு பரிவல்லமையை அறுதியிடுகின்றது.

மேலே கூறியுள்ள பிண்டம், ஏற்றக்கலி, கடப்புத் தொலைவு, கழிந்தநேரம் ஆகியவற்றில் எவ்வெவற்றிற் கிடையில் என்னென்ன உறவுடைமை உள்ளது என்பதைக் கீழ்க்கண்ட ஈடாக்கங்கள் (Equations) வரையறுக்கின்றன.

ஈடாக்கம் *1*

பிண்டம் × ஏற்றக்கலி = விசை

Mass × Acceleration = Force

ஈடாக்கம் 2

விசை × கடந்ததொலைவு = வேலையளவு

Force × Distance described = Work done

ஈடாக்கம் 3

வேலையளவு ÷ கழிந்த நேரம் = வல்லமை

Work done ÷ Time taken = Power

ஈடாக்கம் 4

550 அடிப்பவுண்டு/நொடி = 1 பரிவல்லமை

550 Footpounds/second = 1 Horse power

இங்ஙனம் பல அலகுகள் ஒன்றுக்கொன்று உறவு கொண்டுள்ளன. இவற்றுக்கும் அணுவியல் பற்றிய உண்மைகளுக்கும் நெருங்கிய தொடர்புண்டு.

8 அணுவியல் பற்றி!

அறிவியல் — பொறியாண்மைத்துறைகளில் மிகவும் வளர்ச்சி பெற்ற நாடுகளில் எல்லாவற்றையும் அணுவியல் பாடங்களைக்கொண்டே தொடங்குகின்றார்கள். பிண்டம் என்று அறிவியல் மொழி நடையில் குறிக்கப்படும் பொருள் அல்லது பண்டத்தைப் பற்றி நன்கு விளங்கிக் கொள்ள, அணுவியலை ஓர் ஆரவரி ஓவியமாகத் தீற்றிக் காண்போம்.

எழினி 5: அண்டமும் பிண்டமும்

9. பகுப்பு முறை

நாம் வாழும் பூமிக்கோள், மாபேருலகமாகிய அண்டம் (Universe) என்பதின் மிகமிகமிகச் சிறிய துகள்! இதில் உள்ள பண்டங்கள் கட்டி (Solid), ஈரடம் (Liquid) ஆவி (Gas) என்ற மூன்று வடிவங்களில் உள்ளனவாக வரையறுத்தல் மரபு ஆகும். இந்தப் பகுப்பு முறை, முற்றிலும், வடிவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்ட ஒன்ருகும். இன்னும் பல பகுப்புமுறைகள் உள்ளன. பண்டங்களின் சில இயல்புகளே அடிப்படையாகக் கொண்டு, உலோகங்கள், அலோகங்கள் என்றதொரு பகுப்புமுறையும், உப்புக்கள், அமிலங்கள் என்றதொரு பகுப்புமுறையும் இருக்கின்றன. கூர்ந்து நோக்கினல் இவையனைத்தும் பௌதிகப் பகுப்புமுறையில் அடங்குவன என்பதைத் தெரிந்துகொள்ளலாம். வேதிகப் பகுப்பு முறை என்ற ஒன்று உண்டல்லவா?

பல்வேறு பண்டங்களாக வேற்றுமை காட்டித் தோற்றம் தரும் பொருள்களின் எண்ணிக்கை பல இலட்சங்கள் ஆகும். அறிவியல் முனைவர்கள் ஆய்வுத்தவம் புரிந்து இவையனைத்தும் ஒரு சில அடிப்படைப் பண்டங்களின் கூட்டுச் சேர்க்கை வீதங்களால் அமைந்தவையே என நிறுவியுள்ளார்கள். இவ்வடிப்படைப் பண்டங்களைத் தனிமங்கள் (Elements) என அழைக்கிருர்கள். உப்பு, ஒரு பண்டமாக நமக்குக் காட்சியளிக்கின்றது. அது, சோடியம், குளோரின் என்ற இரண்டு பண்டங்களின் கூட்டுச் சேர்க்கையால் விளைந்த ஒன்றேயாகும். தீயகம் (Oxygen) நீரகம் (Hydrogen) என்ற இரண்டு பண்டங்கள் —

இவை ஆவிப்பொருட்கள் — கூடிச் சேர்ந்தே தண்ணீரை உண்டாக்குகின்றன. பௌதிகக் குணங்களால் மாறுபட்ட வெவ்வேறு பண்டங்களின் கூட்டுச் சேர்க்கைகளாகப் பல பண்டங்கள் இருத்தலே, ஒவ்வொரு பண்டத்தையும் பகுத்துப் பார்த்துத் தெரிந்துகொண்டார்கள், இவ்வாறு பகுத்துக்கொண்டே போகும்பொழுது எந்தப் பண்டம், பகுத்த பின்னரும் அதே பண்டமாகவே — சோடியம் சோடியமாக — குளோரின் குளோரினாக — தீயகம் தீயகமாக—நீரகம் நீரகமாக — இருக்கிறதோ அந்தப் பண்டத்தைத் தனிமம் (Element) என்று பெயர் சூட்டினர். இவ்வாறு தனிமங்களாகப் பகுத்துப் பார்க்கும் முறையே வேதிக முறையாகும். இந்தவழியில் இதுவரை கண்டு பிடித்த தனிமங்களின் எண்ணிக்கை *103* ஆகும். ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட தனிமங்கள் கூட்டுச் சேர்ந்து புதிதாய்ச் சமையும் பண்டத்தை, அறிவியல் மொழியில் கூட்டிகை (Compound) என்கிறோம். ஏற்கனவே குறித்தபடி உப்பு ஒரு கூட்டிகை. இந்தக் கூட்டிகையில் சோடியமும் குளோரினும் *1 : 1* என்ற வீதத்தில் கூட்டுச் சேர்ந்து அமைந்துள்ளன. *1* சோடியம் அணுவும், *1* குளோரின் அணுவும் சேர்ந்த ஒவ்வொரு கூட்டுக் கூருகப் பண்டம் முழுவதும் கட்டியமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இந்தக் கூட்டுக் கூறையே அறிவியல் மொழியில் மூலக்கூறு (Molecule) என்கிறோம்.

10 அணுவியல் பகுப்பு முறை

தனிமம் (அடிப்படைப் பண்டம்) ஒன்றின் ஆகச் சிறிய துகளை அணு என்று சொன்னார்கள். அணுவைக் குறிக்க ஆங்கிலத்தில் வழங்கும் சொல் ஆ’ட்டம் (Atom) என்ப

தாகும். இச்சொல் ஆ'ட்டமஸ் (Atomas) என்ற கிரேக்கச் சொல்லின் மரூஉ. இதற்குப் பொருள் "பிரிக்க முடியாதது" என்பதாம்! ஆனல் 'ஆட்டம்', ஆட்டம் கண்டது; அணுவைப் பிரிக்கமுடிந்தது. அணு என்பது, மேலும் பகுக்க முடியாத முறையில் கட்டியாக அமைந்த மிகச் சிறிய துகள் என்ற நினைப்பு சிதறும்படியாயிற்று. அணு என்பது இன்னும் வேறு சில சிற்றணுக்களால் கட்டியமைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு சட்டகம் (Body) என்று புலப்பட்டது.

எந்தத் தனிமத்தின் ஆகச் சிறிய துகளான அணுவொன்றை எடுத்துக்கொண்டாலும். அதன் நடுப்பகுதியில் உட்கரு (Nucleus) என்ற பிணைப்புக் கூறு ஒன்று உள்ளது. இவ்வுட்கருவில் புரோட்டான், நியூட்ரான் என்ற சிற்றணுக்கள் ஆரத்தழுவிக் கிடக்கின்றன! உட்கருவைச் சுற்றி எலக்ட்ரான் என்ற சிற்றணு - ஒன்று அல்லது பல - சுழல்கின்றது / கின்றன. மீசான், பாசிட்ரான் என்ற சிற்றணு வகைகள் வேறு இந்த அணுச் சட்டகத்திற்குள் இருப்பதாகக் கண்டுபிடித்திருக்கின்றனர். இன்னும் எத்தனை கண்டுபிடிக்கப் போகின்றனரோ! இங்கே அணுவியல் நுட்பம் அனைத்தையும் விளக்குதல் நம் நோக்கம் அன்று. தொடர்புடைமைக்காகச் சிலவற்றை மட்டும் தொட்டுச் செல்வோம்.

எப்படி அடிப்படைப் பண்டங்களான தனிமங்கள், பல்வேறு வீத அளவுகளில் சேர்ந்து பல இலட்சக்கணக்கான கூட்டிகைகளாக (Compounds) உலகில் அமைந்து கிடக்கின்றனவோ, அப்படி, ஒரு சில சிற்றணுக்களே, பல்வேறு எண்ணிக்கை வீத அளவுகளில் சேர்ந்து தனிமங்கள் அனைத்தையும் உருவாக்குகின்றன.

•

நீரக அணுவின் உட்கருவில் ஒரே ஒரு புரோட்டானும் உட்கருவைச் சுற்றி ஒரு எலக்ட்ரானும் இருக்கின்றன.

ஹீலிய அணுவின் உட்கருவில் 2 புரோட்டானும் 2 நியூட்ரானும் உள்ளன. கருவைச் சுற்றி 2 எலக்ட்ரான்கள் சுழல்கின்றன.

கார்பன் அணுவின் உட்கருவில் 6 புரோட்டான்கள் 6 நியூட்ரான்கள் உள்ளன. 6 எலக்ட்ரான்கள் சுழல்கின்றன.

11. என்னே வியப்பு!

பல இலட்சமாக வேற்றுமை காட்டித் தோற்றம் தரும பண்டங்கள் ஒரு நூற்றுக்கடுத்த எண்ணிக்கையான தனிமங்களில் அடங்கி, அவையும் ஒரு சில சிற்றணுக்களில் அடங்குகின்றன !

இந்நூலின் கடைசியில் இணைக்கப்பட்டுள்ள தனிமப் பட்டியலில் இதுவரை அறியப்பட்டுள்ள தனிமங்களின் பெயர் வரிசை கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றது, காண்க.

12. கண்ணுக்குத் தெரியாத அந்த ஒட்டுறவு !

ஓர் அணுவுக்குள் பல சிற்றணுக்கள் கூடிச் சேர்ந்திருக்கின்றன. இவ்வாறு எது சேர்ந்து வைத்திருக்கிறது?

ஒரு தனிமத்தில் பல அணுக்கள் சேர்ந்திருக்கின்றன. இங்ஙனம் பிணைத்து வைத்திருக்கும் ஆற்றல் எது?

ஒரு கூட்டிகையுள் பல மூலக்கூறுகள் இணைந்திருக்கின்றன. எந்த ஆற்றல் இப்படிக் கூட்டிவைத்திருக்கிறது? இவ்வினைக்களை இங்கு தெளித்து வைக்கிறோம்.

13. கட்டியம் கூறுகிறேன்—பிண்டம்!

தொடக்கப்பருவ வீறுண்மை நுட்பச் செய்திகளைப் பொறுத்தமட்டிலும் இப்போதைக்கு, ஒரு பொருள், தனிமமா, கூட்டிணையா, அல்லது கலவைப்பண்டமா என்பது தேவையில்லை காணப்படும் எந்தப் பொருளையும் பிண்டம் (Mass) என்பதாகக் கருதி மேற்செல்லலாம்.

பிண்டம் என்பது, அளவையால் குறிக்கத்தக்க பருமைத்தன்மை (ஸ்தூல லக்ஷணம்) உடைய ஒன்று ஆகும். எல்லாப் பண்டங்களும் பிண்டங்களே. பொருள் எனக் குறிக்காமல் பிண்டம் என்று சொல்வதில் ஒரு வசதி உண்டு. பொருள் என்றால், இன்ன பொருள் எனச் சொல்ல வேண்டும். அதற்கு மாற்றாக 'பிண்டம்' என்று குறித்தால் எல்லாப் பொருட்களுக்கும் பொதுவானதொரு அடையாளமாக இருக்கும். மரம், செடி, கொடி ஆகியவற்றை உள்-ளடக்கி தாவரம் என்ற ஒரே சொல்லால் குறிப்பதைப் போன்றதாகும், இது.

14. இதுதான் ஐயா அந்தப் பிண்டம்!

"ஒரு பண்டத்தில் எது அடங்கியிருக்கிறதோ, அதுதான் அந்தப் பொருளின் பிண்டம்!"— சுற்றி வளைத்த பேச்சாய் இருக்கிறதோ?

மணத்தையும், உருவத்தையும் கொண்டு, இன்ன மலர் என்கிறோம். அதைப்போல ஒரு பண்டத்தின் பௌதிக, வேதிக இயல்புகளை அடிப்படையாக்கி, இது, சோடியம், இது குளோரின் என்கிறோம். இது தீயகம், இது நீரகம் என்கிறோம். பிண்டத்தில் எது அடங்கி

யிருக்கிறது என்பதைப் பொருத்தமட்டிலும் வழக்கு தீர்ந்தது! பிண்டத்தின் அளவு அதுதான் விவகாரம்!

உலகில் உள்ள எந்தப்பொருளின் **அளவையும்** ஒப்புமை அளவைக்கொண்டே குறிக்க முடியும். இரண்டு முழ நீளம் உடைய பிளாட்டினம் துண்டு ஒன்றின் நீளத்தைக் கட்டளை நீட்டல் அளவாக (Standard linear measurement) வைத்திருக்கிறோம். அப்புறம் அதைக் கொண்டே மற்ற பொருள்களின் நீளத்தை அளக்கிறோம். ஒப்புமை அளவு! இதே போல், பிண்டத்தின் **அளவை** எடையால் குறிக்கிறோம். ஆனல் எடை என்பது ஒரு விசை! இது குறித்து பின்னர் விரிவாக விளக்குவோம்.

15. அசைவு அல்லது இயக்கம்

பிண்டம் என்ற பொருள் ஓரிடத்திலிருந்து இன்னோரிடத்திற்கு, பொருள் முழுதும் அப்படியே பெயர்ந்து நகர்ந்து செல்லுதல் இயக்கம் என்கிறோம். இவ்வாறு இயக்கம் நடைபெறும்பொழுது அப்பொருள் அசைகின்றது என்கிறோம்.

ஒரு பொருளின் இயக்கத்தைக் கீழ்க்கண்ட செய்திகள் வரையறுக்கின்றன.

(அ) **பொருளின் பிண்ட அளவு** - இதை எடையால் அடையாளம் செய்கிறோம்.

(ஆ) **பொருளை இயக்குவதற்கு வெளியிலிருந்து தாக்கும் மோதல்.** மோதல் என்பது தள்ளுதலோ இழுத்தலோ

ஆகும். இதைப் பொறி அல்லது உயிரினவகையைச் சேர்ந்த மனிதன் அல்லது **விலங்கு** முதலியன செய்கின்றன.

(இ) மேற்படி **வெளிமோதல் மந்தித்துக்கிடக்கும் பொருளின் பிண்டத்தை, அசையாநிலையிலிருந்து உசுப்பி, சுன்ன (சைபர்) வேகத்திலிருந்து, ஏதாவது ஒரு சீரான வேகத்தை எய்துமாறு செய்தல்.** இவ்வாறு உசுப்பி சீரான வேகம் எய்துதலை, அந்தப்பொருளின் விசை என்கிறோம். இங்ஙனம் **இயக்கத்திற்குக்** காரணமான **விசை.**

(ஈ) மேற்கண்டவாறு ஒரு பொருள் உசும்புதல் பெறுதற்கு **எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம்.** அதாவது கழிந்த நேரம்.

(எ) மேற்படி நேரத்தில், பொருள் கடந்து சென்ற தொலைவு : **கடப்புத் தொலைவு**

மேற்கூறிய செய்திகளிலிருந்து, **விசை** என்பதை ஒருவாறு பனிமூட்டக் காட்சியாகத் தெரிந்துகொள்ளலாம். அடுத்துப் பேசப்படும் பாடங்கள் பனிமூட்டத்தைத் தெற்றென விலக்கி முழுவடிவத்தையும் புலப்படுத்தவிருக்கின்றன.

எழினி 6: இயக்கம்

16. அனைத்தும் இயக்க மயம்

கதிரவனைச் சுற்றிப் பல கோள்கள் சுழல்கின்றன. நம் வீடும், சாலையும், மலையும், அசையாமல் கிடப்பன போல் தோன்றுகின்றன. எல்லாவற்றையும் சுமந்து கொண்டு பூமி நீள்வட்டப் பாதையில் கதிரவனைச் சுற்றுகின்றது. அத்துடன் பம்பரம்போல் பூமி தன்னைத் தானே சுழன்றுகொண்டிருக்கிறது. எல்லோரும் சேர்ந்து இந்த அழகான பூமியூர்தியில் ஏற்றம் பெற்று கனநேர்த்தியாய் இவர்ந்து (சவாரி செய்து) கொண்டிருக்கிறோம்! இந்தப் பூமியைக் காட்டிலும் அழகான ஊர்தி கிடைக்குமா?

'உழக்குக்குள் கிழக்கு மேற்கு' என்ற கதையாய் இந்த இயக்கத்திற்குள்தான் அசையாமை, அசைவு என்று கூறிக்கொண்டிருக்கிறோம். எல்லாம் சார்புஉணர்வு!

17. கதிரவனுகிய கடிகாரம்

கதிரவனின் எழுச்சி, ஏற்றம், படிவு—இவை ஒரு நாளுக்குள் நடைபெறுகின்றன. இவற்றை அடிப்படை-யாகக் கொண்டே, நொடி, நாழிகை, நாள் என்ற சிறு பொழுது அளவுகளைக் கணித்திருக்கிறோம். மாதம், ஆண்டு, ஆகியனவும் அவற்றின் மேற்கோப்பு அலகுகளே-

18. வேகம்

காலத்திற்கும், இயங்குகின்ற ஒரு பொருள் பெயர்ந்து சென்ற தொலைவுக்கும் இடையே உள்ள உறவு வேகம் எனப்படும். மணிக்கு 30 கிலோ மீட்டர் வேகம் என்றால்

வண்டிகளில் பயணம் செய்த பட்டறிவால், அந்த அளவை உணர்ந்தவர்கள் போல் நினைக்கிறோம். வேகம் என்பது வெறும் வீத அளவே தவிர, வேகம் நடைபெறும் திசை அல்லது போக்கு நெறியை அறிந்தால் அல்லாமல், வேகத் தைப்பற்றி நடைமுறையில் உணரல் இயலாது! வண்டியில் ஏறி அமர்ந்த பின், அது செல்லும் பாதையைக் கொண்டே வேகத்தைப் பற்றி உணர்கிறோம். திசை அல்லது போக்கு நெறி இல்லாமல் இயக்கமும், அந்த இயக்கத்தைக் குறிக்கும் அலகான வேகமும் இருக்க முடியாது. மதுரையி-லிருந்து திருச்சிக்குப் போகும் இழுதி (Train) ஏற்கனவே திட்டப்படுத்தப்பட்ட வாளப் பாதையில் போவதால் போக்கு நெறியைக் குறிக்காமல், வெறும் வேகத்தை மட்டும் சொல்கிறோம். ஆனால் பொறியாண்மை நடவடிக்கைகளில் ஒரு பொருள் இயங்கும் நெறியையும் சொல்லியாக வேண்டும். வேகத்தையும், நெறியையும், சேர்த்துக் குறிக்கும் பொழுது, அதற்கு விரைபாங்கு (Veloctiy) என்று பெயர் ஒரு வட்டப்பாதையில் இயங்கும் பொருள் ஒவ்வொரு நொடியிலும் தன் நெறியை மாற்றிக்கொண்டே போகின்றது என்பதைக் கவனிக்க வேண்டும்.

பொறியியல் துறையில் பெரும்பாலும் வேகம் என்ற சொல்லே வழங்குவதில்லை. வேகம், விரைபாங்கு என்ற இரண்டு சொற்களையும் ஒன்றுக்கொன்று மாற்றாகப் பயன் படுத்துதல் வழக்கமும்கூட. இனி வேகத்தைப்பற்றி வேகமாகப் பார்ப்போம்!

எழினி 7: வேகம்

19. வேகங்களே! வேகங்களே!!

நடைமுறை உலகில் ஒரே சீரான வேகத்தைப்பற்றித் தான் பேசுகிறோம்.

"மணிக்கு 1000 கி.மீ. வேகமாக்கும் சூப்பர்ஸானிக்-ஜெட் விமானம்!"

" இது என்ன எக்ஸ்பிரஸ்ஸா? ஜப்பானில் மணிக்கு 200 கி.மீ. போகிறான்'யா! இங்கே? கட்டை வண்டி!"

இத்தகைய உரையாடல்களைக் கேட்கிறோம். மணிக்கு 30 கி.மீ. வேகம் என்றால் இரண்டு மணி நேரத்தில் 60 கி. மீ. தொலைவைக் கடக்கமுடியும் என எளிதாகக் கணக்கிடுகிறோம்.

மதுரையிலிருந்து திருநெல்வேலி 160கி.மீ. தொலைவு கதிக்கஇழுதி (Express train) மணிக்கு 40கி.மீ.வேகத்தில் போகிறதாக வைத்துக்கொண்டால், மேற்படி தொலைவை 4 மணி நேரத்தில் கடக்க முடியும் எனக் 'கண்ணை மூடிக் கொண்டு' சொல்லலாம். இப்படி, உலகியலில் சொல்லுதல் மொட்டைக் கணக்கே தவிர கூரான, துல்லியமான கணக்கு அல்ல! ஐயன்மீர்! நிலையத்தில் நிற்கும் வண்டி, கிளம்பிய உடனேயா 40 கி.மீ. வேகத்தைத் திடுமென்று எய்து கின்றது? நிற்கும்பொழுது வேகம் சுன்னம்! மணிக்கு 40 கி.மீ. வேகத்தை எய்துதற்குக் கொஞ்சநேரம் ஆகிற தல்லவா? அந்தக் கொஞ்சநேரத்தில், படிப்படியாகத்தானே வேகம் அதிகரிக்கின்றது?

படிப்படியாக வேகம் அதிகரித்தலை, **ஏற்றக்கலி** (Acceleration) என்கிறோம்.

மணிக்கு 40 கி.மீ. வேகத்தில் ஒரே சீராக ஓடிக் கொண்டிருக்கும் வண்டி, "இன்னும் கொஞ்சம் வேகம் அதிகமாகப் போவோமே!" என்று ஓட்டுநரின் விருப்பம் துள்ளும்பொழுது, மணிக்கு 60 கி.மீ. வேகம் அதிகரித்துப் போகின்றது. இந்த வேக அதிகரிப்பும், படிப்படியாகத் தான் நடைபெற முடியும். இதனையும் ஏற்றக்கலி என்றே வழங்குகிறோம்.

கலி என்றால் விரைதல் எனப் பொருளாகும். மா என்றால் விலங்கு. குதிரைக்குக் கலிமா என்றதொரு பெயரும் உண்டு. தமிழ்ச் செய்யுள் வகைகளில், துள்ளலோசையுடைய பாவிற்குக் கலிப்பா என்று பெயர். வேகம் (கலி) ஏற்றம் அடையும் முறைக்கு. **ஏற்றக்கலி** எனப்பெயர் சூட்டியுள்ளோம்.

வேகம் அதிகரித்தலை ஏற்றக்கலி என்கிறோம். வேகம் குறைதலை **இறக்கக்கலி** (Retardation) என்கிறோம். மணிக்கு 60 கி.மீ. வேகத்தில் போய்க்கொண்டிருக்கும் வண்டி, 40 கி.மீ. வெகத்திற்குக் குறையும்பொழுதும் சரி, 40கி.மீ. வேகத்திலேயே போய்கொண்டிருக்கும் வண்டி நின்று, வேகம் சுன்னம் என்று ஆகும்பொழுதும் சரி வேகம் படிப்படியாக இறங்குகின்றது. இவ்வாறு இறங்கும் முறையை இறக்கக்கலி என்கிறோம்.

தற்போதைய கணக்குகளுக்கு ஏற்றக்கலியை அளவிடும் முறையைத் தெரிந்து கொண்டால் போதும். அதனை அடுத்த காட்சியில் சந்திப்போம்.

எழினி 8: ஏற்றக்கலி

20. ஏற்றக்கலி என்பது வேக அதிகரிப்பு வீத அளவு

சுன்ன வேகத்திலிருந்து மணிக்கு 30 கி.மீ. வேகத்தை ஒரு வண்டி எய்துதற்குக் கொஞ்ச நேரம் ஆகின்றது. அதன் பிறகு, 'நல்லபிள்ளைபோல்' அதே (மணிக்கு 30 கி.மீ.) வேகத்தில் வண்டி தொடர்ந்து போய்க்கொண்டிருக்கின்றது என வைத்துக்கொள்வோம். இங்கு மணிக்கு 30கி.மீ. வேகம் என்பதைச் சீரான வேகம் (uniform speed) என்கிறோம் இந்தச் சீரான வேகத்தை அடைய எடுத்துக்கொள்ளும் அந்தக் கொஞ்சநேரம் 5 நொடிகள் (seconds) எனவைத்துக் கொள்வோம். அப்படியானல் ஒவ்வொரு நொடியிலும் மணிக்கு 5 கி.மீ. வேகம் என்ற முறையில் அதிகரித்திருக்கிறது எனப் பொருளாகின்றது. அதாவது ஒவ்வொரு நொடிப்பொழுது கழிந்ததும் மணிக்கு 6 கி.மீ., மணிக்கு 12 கி.மீ., மணிக்கு 18 கி.மீ. மணிக்கு 24 கி.மீ. மணிக்கு 30 கி.மீ. என்ற பாங்கில் ஆறுஆறாக வேகம் அதிகரித்துக் கொண்டே போய் மணிக்கு 30 கி,மீ., என்ற சீரான வேகத்தை 5 நொடிகளில் வண்டி எய்தியிருக்கிறது. ஒவ்வொரு நொடிப்பொழுதிலும் **வேகம் எவ்வளவு அதிகரிக்கிறது** என்பதே ஏற்றக்கலியைக் குறிக்கும் அளவு ஆகும். இப்படியும் சொல்லலாம்:

வேக அதிகரிப்பு வீதம் = ஏற்றக்கலி

Rate of change of speed = Acceleration.

21. ஏற்றக்கலியைக் குறிக்கும் விதம்

மணிக்கு 6 கி.மீ. வேகம் என்பதை அறிவியல் பொறியாண்மைத் துறைகளில் கீழ்க்கண்டவாறு குறிக்கிறோம்.

6 கி. மீ. / மணி.

இது 6 k. m. / hour என்ற ஆங்கில வழக்கை அப்படியே பின்பற்றியதாகும். இடையில் வரும் சாய்வு கோடு per என்பதற்காக நின்று 6 k.m. per hour என்பதை ஓதுகின்றது. கணக்கில் வகை பொறிப்பதற்கு இம்முறை வசதியாய் இருப்பதால், தமிழில் அதே முறையைப் பின் பற்றுதலில் தவறொன்றுமில்லை! சாய்வுகோட்டைப் பொருட்படுத்தி மணிக்கு 6 கி. மீ. எனப் படித்துக் கொள்வோம்!

மேலேயுள்ள எடுத்துக்காட்டின்படி, ஏற்றக்கலியின் அளவு, ஒவ்வொரு நொடியிலும் மணிக்கு 6 கி. மீ. வேக அதிகரிப்பு வீதம் எனக் கண்டோம். இதனை,

ஏற்றக்கலி = 6 கி. மீ / மணி / நொடி

என்று எழுதுதல் வழக்கம். (இங்கு வரும் மணிக்கு 6 கி. மீ. வேக அதிகரிப்பு வீதம் என்பதை ஒரு நொடிக்கு இவ்வளவு வேக அதிகரிப்பு வீதம் என்பதாக அமைத்தால், ஏற்றக்கலியைக் குறிக்கும் அளவு முழுவதும் நொடியை அடிப்படையாகக் கொண்டு துல்லியமாய் விளங்கும். மணிக்கு 6 கி. மீ. என்பதை நொடியளவில் சொல்லும் பொழுது)

$$\frac{6 \times 1000}{60 \times 60} = \frac{10}{6} = 1.66 \text{ மீட்டர் / நொடி எனவரும்.}$$

ஆதலால்,

ஏற்றக்கலி = 6 கி.மீ./மணி/நொடி = 1.66 மீ/நொடி/நொடி

Acceleration = 6 k.m./hour/second = 1.66 m/second /second

இதையும் சுருக்கி, *1.66* மீ/நொடி² என எழுதுவதும் வழக்கமாய்ப் போயிற்று! இங்கு நொடி² என்பது நொடி × நொடி என்பதல்ல! கவனம்!!

22 எதிர் ஆட்டம்! எதிர் ஏற்றக்கலி

ஒருவர் முகத்தை ஒருவர் நோக்கி நிற்கும் இருவருக்கும், ஒருவர்க்கு மற்றவர் தனக்கு எதிராக நிற்பதாகத் தோன்றும்! இந்த எதிர்வழக்குப் பேச்சால்தான் உலகமே கோணிக்கொண்டு நிற்கின்றது!

இறக்கக்கலியை, எதிர் ஏற்றக்கலி (Negative acceleration) என்றும் குறிக்கிறார்கள்!

கிணற்றின் மேலிருந்து கீழே பார்த்தால், சுவர் இறங்கிக் கொண்டே போவதாகத் தெரியும். அதே சுவரை, கிணற்றின் அடியிலிருந்து மேல்நோக்கிப் பார்த்தால், சுவர் ஏறிக்கொண்டு போவதாகத் தெரியும்!

எழினி 9 : ஏற்றக்கலிக்கும் வேகத்திற்தும் இடையேயுள்ள உறவு

23. ஏன் இந்த ஏற்றக்கலி?

நடைமுறையில் உள்ள பொதுப்படைப் புழக்கத்திற்கு — "இந்த அமைப்பு உந்து வண்டி, இடையூறு இல்லாமல் மணிக்கு 60 கி.மீ. வேகத்தில், பூப்போலப் போகும்".

"என்னுடைய, வேந்துமிடுக்கு *ஈராழி வண்டி (Byc) மணிக்கு 120 கி. மீ. வேகம் எளிதாய்ப் போகும்! ஒரு வம்பு தும்பு கிடையாது, தெரியுமா?"

— இத்தகைய பேச்சுக்களில் குறிக்கப்படுவதெல்லாம் குறிப்பிட்டதொரு சீரான வேகத்தைப் பற்றியே. வேக அதிகரிப்பு வீதமான ஏற்றக்கலியைப்பற்றிப் பொதுப்படைப் பேச்சில் வருவதில்லை. உந்து வண்டி ஓட்டுநர்களுக்கும், தொடர்புடைய மற்றவர்களுக்கும், இந்த ஏற்றக்கலியைத் தொடர்பு படுத்தும் 'ஆக்செலரேட்டர்' என்ற **ஏற்றக்கலிப்பான்** பற்றி நன்கு தெரியும்.

ஏற்றக்கலியைப் பற்றி இரண்டு காரணங்களுக்காகத் தெரிந்துகொள்ள வேண்டியிருக்கின்றது :-

(அ) ஏற்றக்கலியையும், அது நடைபெற்ற காலத்தையும் பெருக்கி வந்த தொகையே வேகம் என்பதாகும்.

---

* தற்காலத்தில் Royal Enfield என்றெல்லாம் பெயர்கள் இருக்கின்றமைபோல் தாய்மொழியில் வேந்து மிடுக்கு என்று பெயர் சூட்டி மகிழ்கிறார், கட்டுரையாளர்.

கீழ்க்கண்ட அட்டவணை இந்த உண்மையைத் தெளிவு படுத்தும்.

கழிந்த நேரம் நொடியில்	வேகம் அதிகரிப்பு 3 மீ / நொடி 2		எய்திய வேகம் இத்தனை மீ / நொடி
1	× 3	=	3
2	× 3	=	6
3	× 3	=	9
4	× 3	=	12
5	× 3	=	15

கூர்ந்து நோக்கினால் இது மூன்றும் பெருக்கல் வாய்ப்பாடு என்பது தெரியவரும்!

ஒரு நொடிக்கு 3 கி. மீ. வேகம் என்ற வீதத்தில் வேக அதிகரிப்பு என்ற ஏற்றக்கலி நடைபெறுவதாகக் கொண்டால், ஒவ்வொரு நொடியிலும், நொடிக்கு 3 கிலோ மீட்டர் வேகம் என்ற வீதத்தில் அதிகரித்து, 5 ஆவது நொடியில், நொடிக்கு 15 கிலோ மீட்டர் வேகம் எய்தப் பெறும். திரும்பத் திரும்ப வரும் 3 என்ற எண், ஏற்றக் கலி வீதத்தையும், 3, 6, 9, 12, 15 என்ற எண்கள், ஒவ்வொரு நொடிப்பொழுதின் இறுதியில் எய்தப் பெற்ற வேகத்தையும் காட்டுகின்றன. இதிலிருந்து ஒரு சின்னச் சூத்திரத்தை உருவாக்கலாம்.

வேகம் = ஏற்றக்கலி × நேரம் = ஏநே

speed or velocity = acceleration × time = at

இச்சூத்திரத்தை ஒவ்வொரு சொல்லின் முதல் எழுத்துக் களைக்கொண்டு அமைத்தால்,

வேகம் அல்லது விரைபாங்கு = வி = ஏநே

இதைச்சொல்லும் முறை :

வி ஈடாகும ஏநே பெருக்கல்

இதனை முழுச்சொற்களால் ஆகிய சூத்திரமாக இவ்வாறு அமைக்கலாம் :

பெருக்கிய ஏற்றக் கலியும் நேரமும்
விரைபாங் காகும் அஃதே வேகம்

ஆ) ஏற்றக்கலி தேவைப்படுவதற்கான இரண்டாம் காரணம்

விசை என்பது, பிண்டம் (Mass) × ஏற்றக்கலி (acceleration) என்பதாக நிறுவப்பட்டுள்ளது. ஆதலால் விசையைக் கணக்கிடுவதற்குத் தேவையான இரண்டு கூறுகளுள் ஒன்ருன ஏற்றக்கலியைப் பற்றித் தெரிந்து கொள்ள வேண்டியிருக்கின்றது.

எங்ஙனம் கணிப்பது-ஏற்றக்கலியை?

தோசையைத் திருப்பிச் சாத்தல்

ஏற்றக்கலிவீதத்தின் அளவைக் கொடுத்து, வேகத்தை மேற்கண்ட கணக்கில் கண்டுபிடித்தோம். ஏற்றக்கலி வீதத்தைக் கண்டு பிடித்தல் எப்படி? நடைமுறையில் அதிகரித்த வேகத்தையும், அவ்வதிகரிப்புக்காகும் நேரத்தையும் எளிதில் காட்டும் கருவிகள் இருக்கின்றன. எனவே இவற்றை வைத்து ஏற்றக்கலிவீதத்தைக் கண்டுபிடித்தலே எளிது.

ஓர் எடுத்துக்காட்டு :

மணிக்கு 30 கி.மீ. வேகத்தில் போய்கொண்டிருக்கும் வண்டி மணிக்கு 45 கி.மீ. வேகத்தை எய்துதற்கு 5 நொடிகள் எடுத்துக்கொள்கின்றது. ஏற்றக்கலிவீதம் என்ன?

முதல் வேகம் — 30 கி,மீ.
கடைசி வேகம் — 45கி.மீ.
வேக அதிகரிப்பு — 15கி.மீ.
காலக் கழிவு — 5 நொடிகள்

எனவே, ஏற்றக்கலி $= \frac{15}{5} = 3$

$= 3$ கி. மீ/மணி/நொடி

$= \frac{3 \times 1000}{60 \times 60}$/நொடி/நொடி

$= \frac{5}{6}$ மீ/நொடி^{2}

மீண்டும் திரும்புவோம் வேகத்திற்கு

சில வெதுபபல் ஆடைகள் (warm clothings) வெவ்வேறு நிறங்களில் இரண்டு தட்டுக்களால் ஆக்கப் பட்டிருக்கின்றமையைப் பார்த்திருக்கலாம். கழற்றித் திருப்பி அணிந்தால் அடுத்த நிறம் காட்சியாகி வேறு குப்பாயம் தரித்திருக்கின்ருற்போல நிறைவு வழங்கும். மேலே கொடுக்கப்பட்ட கணக்கில் முதல் வேகமும் கடைசி வேகமும் தந்து, ஏற்றக்கலி வினவப்பட்டிருக்கின்றது. கணக்கைக் கொஞ்சம் மாற்றுவோம்.

மணிக்கு 30 கி.மீ. வேகத்தில் போய்க்கொண்டிருக்கும் வண்டி $\frac{5}{6}$ மீ. /நொடி^{2} என்ற ஏற்றக்கலியைப் பெற்று 5நொடிகள் கழித்து சீரான இறுதிவேகத்தை எய்துகிறது

இறுதிவேகம் எவ்வளவு?

அணுகு வரிசைகள்:

முதல்வேகம் $=$ 30 கி.மீ/மணி அல்லது $\frac{30}{60} \times \frac{1000}{60}$ மீ/நொடி

$= \frac{50}{6}$ மீ/நொடி

ஏற்றக்கலி $= \frac{5}{6}$மீ/நொடி^{2} ; காலக்கழிவு $=$ 5 நொடிகள்

எனவே வேகம் அதிகரித்த அளவு $=$ ஏற்றம் $\times$ நேரம்

$= \frac{5}{6} \times 5 = \frac{25}{6}$ மீ/நொடி

எனவே இறுதி வேகம் $=$ முதல் வேகம் $+$ வேகம் அதிகரித்த அளவு

$= \frac{50}{6} + \frac{25}{6} = \frac{75}{6}$ மீ/நொடி

விடையைச் சோதித்தல்

மேலே, முதலில் கொடுக்கப்பட்ட கணக்கில் வரும் இறுதி வேகம் $=$ 45 கி.மீ/மணி $= \frac{45 \times 1000}{60 \times 60} = \frac{75}{6}$ மீ/நொடி

இந்தப்பட்டறிவைக் கொண்டு இறுதிவேகத்தைக் கணிக்க சூத்திரம் ஒன்றைக் கணிக்கலாம்.

இறுதிவேகம் $=$ முதல்வேகம் $+$ (ஏற்றக்கலி $\times$ நேரம்)

ஆங்கிலத்தில் கீழ்க்கண்டவாறு சொல்லப்படுகிறது.

$V = u + at$

Where v is final Velocity. இ என்பது இறுதி வேகம்

u is intial velocity. மு என்பது முதல் வேகம்

a is acceleration. ஏ என்பது ஏற்றக்கலி

t is time taken. நே என்பது கழிந்த நேரம்

ஆங்கிலச் சூத்திரத்தில் வெறும் எழுத்துக்களை மட்டும் பயன்படுத்துகிறார்கள். ஆதலால், பார்வைக்கு சூத்திரம் சிறியவடிவில் சுருக்கமாய் இருப்பதுபோல் தெரியும்! ஆனால் உண்மை வேறு! சூத்திரத்துடன், ஒவ்வொரு எழுத்தும் எந்தச் சொல்லுக்காக நிற்கின்றது என்ற விளக்கத்தையும் வால்போல் கொடுத்தாக வேண்டும்!

முதற்கண், ஆங்கிலப்பாணியில் சூத்திரத்தை அமைப்போம்.

இ = மு + ஏ நே.

ஓதும் முறை: இ ஈடாகும் மூஒடு ஏநே

இதையே தமிழ் மரபுப்படி முழுச் சொற்களால் நிறுவுவோம்.

இறுதிவேகத்தைக் கணிக்கும் சூத்திரம்:

ஏற்றக்கலியால் காலம் பெருக்கி
முதலுடன் கூட்டின் வேகம் இறுமே

பொழிப்பு

ஏற்றக்கலியால் காலம் பெருக்கி: ஏற்றக்கலி × காலக் கழிவு

கூட்டின் முதலுடன்: மேற்கண்ட பெருக்குத் தொகையை முதல் வேகத்துடன் கூட்டினல்

வேகம் இறுமே: இறுதி வேகம் கிடைக்கும்

குறிப்பு: சூத்திரத்தில் வரும் வேகம் என்ற சொல்லே முதல் என்பதுடன் பொருத்திக் கொள்ள வேண்டும். இறும்: இறுதியை எய்தும்.

எழினி: 10 கடப்புத்தொலைவு - 1

சலிப்பு வேண்டாம்!

"விருண்மை (Dynamics) என்ற அறிவியல் கூறை விளக்குவதாகவும், பரிவல்லமை (Horse power) என்பதைத் தெளிவுபடுத்துவதாகவும் ஆர்வம் காட்டி, ஏற்றக்கலி (Acceleration) கடப்புத் தொலைவு (Distance described) என எதை எதையோ கதை அளக்கிறீர்களே!

— என்று சலித்திடல் வேண்டாம்!

ஒவ்வொரு செங்கலாகத்தான் கட்டடம் உயர வேண்டும். சுவரின் கனத்திற்குத் தக்கபடி, செங்கல் வரிசையை அதற்கேற்பட்ட இசைவுடன்தான் அமைக்க வேண்டும். சற்றுப் பொறுமையை அருளித் தொடர்ந்து தோளிணைந்த நடை பயிற்றுமாறு வேண்டுகிறோம்.

25. கடப்புத் தொலைவைக் கடப்போம்!

ஒரு பொறியின் ஆற்றல் அளவைக் குறிக்க நிறுவப்பட்ட அடிப்படை அலகு பரிவல்லமை என்பதாகும்

பரிவலலமையை அறுதியிடுவது, செய்யப்பட்ட வேலை அளவு ஆகும்.

செய்யப்பட்ட வேலை அளவு என்பது, விசையையும் கடப்புத் தொலைவையும் பெருக்கிய தொகையாகும்.

எனவே, கடப்புத் தொலைவைத் தெரிந்துகொள்ள வேண்டியது, கட்டாயமாகிறதல்லவா?

26 கடப்புத் தொலைவின் வகைகள்

கடப்புத் தொலைவிலும் மூன்றுவகைகள் இருக்கின்றன. அவை வருமாறு:-

(க) சீரான வேகம் (Uniform speed) நடைபெறும் பொழுது கடக்கப்படும் தொலைவு.

(ச) நின்ற நிலையிலிருந்து அதாவது சுன்ன வேகத்திலிருந்து கிளம்பி குறிப்பிட்டதொரு சீரான வேகத்தை **எய்தும்வரை** கடக்கப்படும் தொலைவு.

(த) சீரான வேகத்திலிருந்து, வேகம் அதிகரித்து கூடுதலான இன்னொரு சீரான வேகத்தை எய்தும் பொழுது, அந்த வேக அதிகரிப்பு நடைபெறும் காலத்தில் கடக்கப்படும் தொலைவு.

மேலே கூறியவற்றை மருதலையாக்கி,

(ந) குறிப்பிட்ட சீரான வேகத்திலிருந்து, வேகம் குறைந்து குறைவான வேகத்தை எய்தும்பொழுது, அந்த வேகக் குறுக்கம் நடைபெறும்காலத்தில் கடக்கப்படும் தொலைவு.

(ப) சீரான வேகத்திலிருந்து சுன்னவேகத்திற்கு அதாவது நிற்கும்வரை கடக்கப்படும் தொலைவு.

இந்த ஏட்டில், மேலே இறுதியில் கொடுக்கப்பட்ட இரண்டு வகையான மறுதலை இயல்புகளைப் பேசப் போவதில்லை. முதல் மூன்று வகைகளை எடுத்துக்கொண்டு நிரலே அளவளாவுவோம்.

(க) சீரான வேகம் நடைபெறும்பொழுது கடக்கப் படும் தொலைவு:

முன்பு ஒரு மொட்டைக் கணக்கைக் குறிப்பிட்டோம், நினைவிருக்கிறதா?

"மதுரையிலிருந்து திருநெல்வேலி 160 கி.மீ . தொலைவு. கதிக்க இழுதி, மணிக்கு 40 கி.மீ. வேகத்தில் போகிறதாக வைத்துக்கொண்டால் மேற்படி தொலைவை 4 மணி நேரத் தில் கடக்க முடியும்............"

நின்ற நிலையிலிருந்து கிளம்பி, படிப்படியாக வேகம் அதிகரித்து மணிக்கு 40 கி. மீ. வேகம் என்ற சீரான வேகத்தை எய்திய பிறகு, அதே வேகத்தில் தொடர்ந்து சென்றுகொண்டிருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். சீரான வேகத்தை எய்திய நொடியிலிருந்து கணக்கிட்டு, அதற்குப் பிறகு கழியும் ஒவ்வொரு மணியிலும் நாற்பது, நாற்பது கிலோமீட்டராக, தொலைவு கடக்கப்பட்டுக்கொண்டிருக்கும். இந்த வழக்கில் கடக்கப்படும் தொலைவைக் கணித்தல் மிக எளிதானதொரு நடவடிக்கையாகிவிடுகிறது. அதாவது,

கடப்புத்தொலைவு = வேகம் × கழிந்த நேரம்

Distance described = Speed × time taken

இவ்வளவு எளிய செய்திக்குப்போய், ஒரு சூத்திரம் அமைக்க வேண்டுமா, என்ன?

(ச) நின்ற நிலையிலிருந்து அதாவது சுன்ன வேகத் திலிருந்து கிளம்பி, குறிப்பிட்டதொரு சீரான வேகத்தை எய்தும்வரை கடக்கப்படும் தொலைவு:-

சீரான வேகம் நடைபெறும்பொழுது கடக்கப்படும் தொலைவை மிக எளிதாக வேகம் × நேரம் என்று கணித்து

விட்டோம். ஏனெனில், இந்த வழக்கில், இயக்கம் நடை பெறும் காலத்தில் ஒரே அளவு வேகம்தான் வினைபுரிகின்றது.

ஆனால்,

நின்ற நிலையிலிருந்து-சுன்ன வேகத்திலிருந்து கிளம்பி குறிப்பிட்டதொரு சீரான வேகத்தை எய்தும் வரை உள்ள காலக்கழிவில், வேகம், ஒவ்வொரு நொடியிலும் வெவ்-வேறாக இருக்கின்றது. அதாவது வேக அதிகரிப்பு! அதாவது ஏற்றக்கலி!! ஆகையால் ஏற்றக்கலி நடைபெறும் காலத்தில் கடக்கப்படும் தொலைவைக் கணக்கிடுதல் என்று துணிந்து அழைக்கலாம். இதைக் கணக்கிடுதற்குரிய சூத்திரம் இருக்கவே இருக்கின்றது. திண்ணமாக அதைக் கொடுக்கவே போகிறோம்! அதற்குமுன், கடப்புத்தொலைவு என்பது வேகம் × நேரம் என்பதுதான் என்ற உண்மை கீழே கொடுக்கவிருக்கும் சூத்திரத்தில் ஒளிந்திருக்கின்றது என்பதைப் புலப்படுத்த ஓர் எடுத்துக்காட்டுக் கணக்கைச் செய்வோம்.

ஒரு வண்டி, நின்றநிலையிலிருந்து கிளம்பி 1 நொடிக்கு 30 மீட்டர் என்ற வேகத்தை எய்துவதற்கு 6 நொடிகள் ஆகின்றன. இந்த நேரத்தில் வண்டி கடந்த தொலைவு எவ்வளவு?

கணக்கின்படி, துவக்க வேகம் . 0

கடைசி வேகம் : 30 மீ / நொடி

காலக்கழிவு : 6 நொடிகள்

எனவே, ஏற்றக்கலி $= \frac{30}{6} = 5$ மீ/நொடி^{2}

5மீ/நொடி^{2} என்ற ஏற்றக்கலி வீதத்தில் ஒவ்வொரு நொடிப்பொழுதும் கழிந்த இறுதியில் வண்டி எய்தும் வேகத்தை முதலில் கணிப்போம்.

இத்தனையாவது நொடியின் இறுதி	நொடிக்கு இத்தனை மீட்டர் வேகம்
1	5மீ/நொடி
2	10மீ/நொடி
3	15மீ/நொடி
4	20மீ/நொடி
5	25மீ/நொடி
6	30மீ/நொடி

ஒவ்வொரு நொடிப்பொழுதின் இறுதியிலும், மேலே கொடுத்த அட்டவணையின்படி உள்ள வேகத்தைக்கொண்டு எவ்வளவு தொலைவு கடக்கப்பட்டிருக்கும் என்பதைப் பார்ப்போம். கடப்புத்தொலைவு என்பது வேகம் × காலக் கழிவு அல்லவா?

முதலாவது நொடிப்பொழுதின் துவக்கத்தில் நொடிக்கு 5 மீட்டர் வேகம். வண்டி கிளம்பும்போது வேகம் சுன்னம். ஆதலால் முதல் நொடிப்பொழுதின் துவக்கத்திற்குள் இடைத்தர வேகம் 2.5 மீ/நொடி. இதில் கடந்த தொலைவு = வேகம் × காலம் = 2.5 மீட்டர். முதலாம் நொடியின் இறுதியிலிருந்து இரண்டாம் நொடியின் துவக்கம் வரை உள்ள இரண்டாம் நொடிப்பொழுதில் எய்தும் வேகம் 10 மீ/நொடி. இந்த இரண்டாம் நொடிப்பொழுதின் இடைத்தர வேகம் $\frac{5 + 10}{2} = 7.5$ மீ/நொடி. மூன்றும்

நொடிப்பொழுதின் இடைத்தர வேகம் 12. 5 மீ/நொடி. இந்தக் கணக்கீட்டு முறையை பின்வருமாறு அட்டவணைப் படுத்துகிறோம்.

நொடியில் காலம்	1	2	3	4	5	6
நொடிக்கு இத்தனை மீட்டர் என்ற வேகம்	5	10	15	20	25	30
இடைத்தர வேகம்	2.5	7.5	12.5	17.5	22 5	27.5

ஒவ்வொரு நொடிப்பொழுதிற்கும் இடைத்தர வேகத்தைக் கண்டுபிடித்திருப்பதால் இடைத்தர வேகத்துடன் 1 நொடிப் பொழுதைப் பெருக்கினால் கடப்புத் தொலைவு கிடைத்து விடுகின்றது.

நொடிப் பொழுதில் காலக்கழிவு	இடைத்தர வேகம்	கடப்புத் தொலைவு
0 - 1	2. 5 மீ / நொடி	2. 5மீட்டர்
1 - 2	7. 5 ”	7. 5 ”
2 - 3	12. 5 ”	12. 5 ”
3 - 4	17. 5 ”	17, 5 ”
4 - 5	22. 5 ”	22. 5 ”
5 - 6	27. 5 ”	27. 5 ”
	மொத்தம்	90. 0மீட்டர்

சூத்திரம் என்ன சொல்லுவாய்............!

இவ்வாறு, ஒவ்வொருமுறையும் நீண்ட அட்டவணை வரைந்து கணிக்க வேண்டியதில்லை! சுருக்கமாக சூத்திரம்

ஒன்று இருக்கின்றது. அந்தச் சூத்திரத்தின் அடிப்படைக் கோட்பாட்டின் விரிவான விளக்கமே, மேலே நாம் கணக்கிட்டிருக்கும் முறை. நின்ற நிலையிலிருந்து கிளம்புவதால் துவக்க வேகத்தைச் சுன்ன வேகம் என்றால், சீரானதொரு வேகத்தை எய்தும்வரை கடக்கப்படும் தொலைவைத் துவக்கக் கடப்புத் தொலைவு என்றும் அழைப்போமாக.

சுன்னத்தைத் துவக்க வேகமாகக் கொண்டு ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்தை எய்தும் வரை ஆகின்ற நேரத்தில் கடக்கப்பட்ட தொலைவைக் கண்டுபிடிக்கும் சூத்திரம் ஆங்கிலத்தில் வருமாறு:-

$S = \frac{1}{2} at^2$

இங்கு S : Distance described

a : acceleration

t : time

மேலேயுள்ள கணக்கில்

$a = 5$ மீ / நொடி^{2}

$t = 6$ நொடிகள்

எனவே, $S = \frac{1}{2} \times 5 \times 6^2 = \frac{5 \times 36}{2} = 90$ மீட்டர்

விடை சரியாக இருக்கிறது சூத்திரத்தை எண்பிப்போம்.

துவக்க வேகம் $= 0$

கடைசி வேகம் $= at =$ acceleration $\times$ time

$=$ ஏற்றக்கலி $\times$ நேரம்

இடைத்தரவேகம் $= \frac{0 + at}{2} = \frac{1}{2} at$

கடப்புத்தொலைவு $=$ இடைத்தர வேகம் $\times$ நேரம்

$= \frac{1}{2} at \times t$

$= \frac{1}{2} at^2$

$\frac{1}{2}$ at^2 என்பதை ஆங்கிலமுறையில் ஹாஃப் ஏ ட்டி ஸ்கொயர்ட் என்று பாயசம் குடித்தாற்போல் மடமடவென சொல்லிப் பழகிவிட்டோம். ஆங்கிலத்தில் சொற்களின் முதல் எழுத்துக்களைக் கொண்டே சூத்திரம் அமைக்கின்றாற்போல், அம்மொழியில் ஒவ்வொரு எழுத்துக்கும் ஒரு சொல்போல் எழுத்துப்பெயர் உள்ளது. அதே முறையில் தமிழிலும் அமைக்கவேண்டும் என்பது கட்டாயமல்ல. ஏனெனில் தமிழில் மொழி இலக்கணத்தையே, முழுச்சொற்களால் அமைந்த செய்யுள்களாகச் சூத்திரங்களை யாத்துள்ளனர். கீழே தமிழ் மரபுப்படி அவ்வாறு அமைத்துள்ளோம். எனினும் ஆங்கில முறைப்படியும் இச்சூத்திரத்தை.

க = $\frac{1}{2}$ ஏநே²

இதனைச் சொல்லும் ஒலிமுறை:

க ஈடாகும் அரை ஏநே அடுக்கே

இங்கு க என்பது கடப்புத் தொலைவு, ஈடாகும் என்பது is equal to, ஏ என்பது ஏற்றக்கலி, நே என்பது நேரம், நே அடுக்கு : நே²

24. நம வழக்கப்படி இதைத் தமிழ்ச் சூத்திரமாக்குவோம்

துவக்கக் கடப்புத்தொலைவு கணிக்கும் சூத்திரம்
ஏற்றம் ஈரடு பொழுது அரை பெருக்கின்
தோற்றம ஆகும துவக்கக் கடப்பே

குறிப்பு: இங்கு ஏற்றக்கலி என்பதை ஏற்றம் என்றும் காலத்தின் ஈரடுக்கை (t^2) ஈரடு பொழுது

என்றும் ஓதியுள்ளோம். துவக்கக் கடப்பு என விதந்தோதியதால் இச் சூத்திரம். சுன்ன வேகத்திலிருந்து கிளம்பி ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்தை எய்தும்வரை உள்ள காலத்தில் கடக்கப்படும் தொலைவு என்பது குறிப்பு.

த) சீரான வேகத்திலிருந்து வேகம் அதிகரித்து, கூடுதலான இன்னொரு சீரான வேகத்தை எய்தும் பொழுது அந்த வேக அதிகரிப்பு நடைபெறும் காலத்தில் கடக்கப்படும் தொலைவு:

இந்த நிகழ்ச்சியின்பொழுது கடக்கப்படும் தொலைவைக் கணிக்க இரண்டு செய்திகளைக் கூர்தல் வேண்டும்.

1. ஏற்கனவேயுள்ள சீரான வேகத்திற்குரிய தொலைவு கடக்கப்படுகிறது.

அத்துடன்,

2. சீரான வேகத்திலிருந்து இன்னும் கூடுதலான சீரான வேகத்தை எய்துவதற்கு நடைபெற்ற ஏற்றக் கலிக்குரிய தொலைவு கடக்கப்படுகின்றது.

இந்தப் பாங்கினை இப்படி உவமிக்கலாம் : சமமான மட்டமுடைய ஒரு சாலையில் ஒருவன் போய்க்கொண்டிருக்கிறான், அந்த மட்டம் கடல் மட்டத்திற்கு மேல் +500.00 மீட்டர் எனக்கொள்க. சற்றுத் தொலைவு சென்றதும், சாலை ஏற்றம் உற்று, மீண்டும் சமமாகப் போகின்றது. ஏற்றம் 5 மீட்டர் என்றால், ஏறியபின், மீண்டும் சமமாகச் செல்லும் சாலையின் மட்டம் +505.00 அல்லவா? அதாவது ஏற்றம் உற்ற பிறகு ஏற்கனவேயுள்ள

கீழ்த்தட்டு மட்டத்தையும் கூட்டிக் கொள்கிறோம். இதைப் போல் என வைத்துக் கொள்ளுங்களேன். மற்று, உவமையைக் கூறுகூறாகப் போழ்ந்து அது 'பொருந்தவில்லை' 'இது பொருந்தவில்லை' என எவரும் வந்து விடாதீர்கள். 'புலி போலப் பாய்ந்தான்' என்றால், எவரும் 'அவனுக்கு வால் இருந்ததா? எனத் திருப்புவதில்லையே!

ஒரு வேண்டுகோள்!

ஏற்கனவேயுள்ள சீரானவேகத்தை **ஆதாரவேகம்** என அழைப்பதற்கு அனுமதிக்குமாறு வேண்டுகிறோம்.

ஒரு சின்னக் கணக்கை இப்பொழுது பார்ப்போமா?

ஒரு வண்டி நொடிக்கு 30 மீட்டர் வேகத்திலிருந்து நொடிக்கு 45 மீட்டர் வேகத்தை எய்துதற்கு 5 நொடிகள் ஆகின்றன, இந்த 5 நொடிப்பொழுதில் கடக்கப்பட்ட தொலைவு எவ்வளவு?

அனுதவரிசைகள்

முதல் அல்லது ஆதார வேகம் = 30மீ/நொடி
அதிகரித்த இறுதி வேகம் = 45மீ/நொடி
வேக அதிகரிப்புக் கழிந்தநேரம் = 5 நொடி
எனவே, ஏற்றக்கலி = $\frac{45-30}{5}$ = 3 மீ/நொடி^{2}

ஆதார வேகத்திற்குரிய கடப்புத்தொலைவு

இஃதொரு சீரான வேகம். எனவே சீரான வேகத்திற்குரிய கடப்புத்தொலைவு = வேகம் × நேரம்
= 30 × 5 = 150 மீட்டர்

ஏற்றக்கலிக்குரிய கடப்புத்தொலைவு

இதைக் கண்டுபிடிக்கும் சூத்திரத்தை முன்னமேயே நிறுவியுள்ளோம். அது இது:

க = $\frac{1}{2}$ ஏநே²

$S = \frac{1}{2}at^2$

$= \frac{1}{2} \times 3 \times 5^2 = \frac{3 \times 25}{2} = 37.5$ மீட்டர்

எனவே மொத்தக் கடப்புத்தொலைவு

முதல் சீரான வேகத்திற்குரிய கடப்புத்தொலைவு	= 150 மீ
ஏற்றக்கலிக்குரிய கடப்புத்கொலைவு	= 37.5மீ
மொத்தம்	187.5மீ

கூட்டணிச் சூத்திரம் அமைப்போம்!

மேலேகண்ட இரண்டு வகைகளையும் ஒன்ருக்கி ஒரே சூத்திரமாக அமைப்போம்.

ஆதாரவேகம் அல்லது முதல் வேகம்: மு : initial speed : u

கடைசிவேகம் அல்லது இறுதி வேகம்: இ : final speed : v

நேரம் அல்லது கால நீட்சி : நே ; Time duration ; t

ஏற்றக்கலி : ஏ : acceleration : a

கடந்த தொலைவு : க : Distance described : s

மேற்கண்டவாறு அளவுகளை எழுத்துக்களால் வகைப் படுத்திக்கொண்டால் முதல் எழுத்துக்களைக்கொண்டு சூத்திரம் அமைக்கும் ஆங்கில முறைப்படி,

$S = ut + \frac{1}{2} at^2$ என்று வரும். இதை, பருத்தித் துணியில் 'கோட்' தைத்துப் போட்டுக்கொள்கின்றமை போல் கீழ்க்கண்டவாறு சொல்லலாம்.

க = முநே + $\frac{1}{2}$ ஏநே^{2}

ஓதும் முறை: க ஈடாகும் மூநே ஒடு அரை ஏநே அடுக்கே.

ஆனல் தமிழ் மரபுப்படி, முழுச்சொற்களால் அமைந்த சூத்திரமாகப் பின்வருமாறு அமைக்கலாம்.

" சீரியல் வேகம் கூடுங்காலை
நேரும் பொழுதில் நீத்த தொலைவு
வேக முதலுடன் பொழுதைப் பெருக்கி
ஈரடு பொழுதரை ஏற்றக் கூட்டெண "

இதற்கு உரை கூறுவிட்டால் வீம்புக்கு வருவார்களே, சிலர்! சீரியல் வேகம்: சீரான முறையில் இயலும் (இயங்கும்) வேகம். கூடும்காலை: கூடும்பொழுது, நேரும் பொழுதில்: ஏற்படுகின்ற காலக்கழிவில், நீத்த தொலைவு: கடக்கப்பட்ட தொலைவு, வேகமுதலுடன்: ஏற்கனவேயுள்ள முதல் வேகத்துடன், பொழுதைப் பெருக்கி காலக்கழிவு அளவைப் பெருக்கி, ஈரடு பொழுதரை ஏற்றம்: $\frac{1}{2}$ ஏற்றம் $\times$ நேரம்^{2} என்பதைக் கூட்டிய எண்.

ஏதுக்கித்தனை பாவுலாக்கள் !

இதுவரை, கடப்புத்தொலைவு கணித்தலை வெட்ட வெளிச்சமாக்கிவிட்டோம்! இனி, விசை என்பதைப்பற்றி பார்க்கவேண்டும். பிறகு வேலை பற்றிய விரிவுரைகளைப் பொழியலாம். அந்தச் சிலம்பாட்டம் புரிவதற்கு முற்பயிற்சியாகத்தான் இங்கு இத்தனை பாவுலா வரிசை காட்டினேம்.

ஆமாம், பாவுலா என்ருல் என்ன? உலா என்ருல் அந்தப்பக்கம் இந்தப்பக்கம் கலையாமல் நேரே போதல். பா என்ருல், அவ்வாறின்றி, பரவுதலாக அசைந்து செல்லுதல். பா, உலா பாவுலா! அந்தச்சொல்தான் இப்பொழுது பாவ்லா, பாவலா என்று கொச்சையாய் வழங்கிவருகிறது.

விசையோ விசை!

மன்னிக்கவேண்டும்; திரும்ப நினைவு படுத்துகிருேம்:

வேலையளவு = விசை × கடப்புத்தொலைவு

கடப்புத்தொலைவைப் பேசு பேசு என்று பேசியாகி விட்டது. இனி மீதமிருப்பது விசைதான்! தொழில் பட்டரைகளில் இயந்திரங்களை இயக்கும் பணிகளில் ஈடுபட்டோர், தொள தொள ஆடை (வேட்டி, துண்டு முதலியன) அணியாமல் இறுக்கமானமுறையில் மேல்குப்பாயத்தைச் சல்லடத்துடன் செருகிவரவேண்டும் என்று விதி வகுக்கப்பட்டிருக்கின்றதே, ஏன்? இயந்திரம்! விசை! ஆதலால் கவனம் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றது.

அடுத்து விசையைப் பற்றிய நுட்பங்களைக் காணப் போகிருேம். எனவே, கவனம்!

எழினி : 11 விசை என்னும் புதிர்

"விசை என்பதற்கு நேரான இலக்கணம் கூறுதல் எளிதன்று"

—புகழ்பெற்ற விஞ்ஞானி ஆட்டோ. ஆர். ஃபிரிஷ்

மேற்குறித்த விஞ்ஞானி, அணுவியல் விஞ்ஞானத்தில் ஒரு பேரறிஞர். அதைப்பற்றி பல நூல்கள் எழுதியுள்ளார் அவர் சொல்கின்றார் "விசை என்பதற்கு நேரான இலக்கணம் கூறுதல் எளிதன்று". அறிவியல் வரலாற்றில் திருப்புமுனையை உண்டாக்கிய அறிவியல் பேரறிஞர் ஐசக் நியூட்டன், அசைவு (Motion) என்பதைக் குறித்து, கீழ்க்கண்ட மூன்று விதிகளை நிறுவினார். அவற்றில் அவர், விசை என்பதை, ஒவ்வொரு விதியிலும் தொடர்புபடுத்துகிறார்.

28 அசைவு பற்றிய மூன்று விதிகள்

1. எந்தப் பொருளும் அதன் அசையா நிலையையோ, நேர்கோட்டில் சீரான இயக்கத்தில் அசைவதையோ வெளியிலிருந்து தாக்கும் விசையாலன்றி, தானாக மாற்றிக்கொள்கிறதில்லை.

2. ஒரு பொருளில் எழுப்பப்படும் விசைக்கேற்ப, அப்பொருளின் அசைவாரம் (Momentum) மாறுகின்ற வீத அளவு இருப்பதுடன் அந்த விசை எழுப்பப்படும் நெறிப்போக்கிலேயே அந்த அசைவாரம் நடைபெறும்.

3. எந்த ஒரு வினைக்கும் அதற்குச் சமமான, ஆனால் நேர்எதிரான மறுவினை எப்பொழுதும் உண்டு. அதாவது

இரண்டு வினைகள் ஒன்றையொன்று பொருதும்பொழுது அவை, அளவில் ஒத்ததாகவும், ஆனல் இயங்கும் நெறிப் போக்கில் எதிரானதாகவும் இருக்கின்றன.

இந்த விதிகளில் வரும் அசைவு (Motion), விசை (force), அசைவாரம் (Momentum) நெறிப்போக்கு (direction), வினை (action), மறுவினை (reaction) என்ற சொற்களில் அசைவைப் பற்றிய திட்டப்பாடு செய்யப்பட்டிருக்கின்றது. இதிலிருந்தே ஒன்றை நாம் தெளிவாகத் தெரிந்துகொள்ளலாம். விசை என்பது நேரடி விளக்கத்தை உணர்த்தும் சொல் அல்ல! ஒரு பண்டத்தின் அசைவுதான் நேரடிக் காட்சிக்குத் தெரிகிறது. அந்தப் பண்டம் அசைவதற்கான ஆற்றலை வழங்கும் பொறியும், பொறியில் ஆற்றலை விளக்கும் முறையும் தெரிகின்றன. நடைமுறையில், அசைவையும், வேகத்தயையும் நாம் "விசை" என்பதாகப் பிறழ உணர்ந்து பேசுகிறோம். பொறியியல்—அறிவியல் நிறுதிட்டத்தில் விசை என்பது, ஒரு பெரிய அளவை மதிப்பதற்குப் பயன்படும் துணையளவு ஆகும். உவமையாகச் சொன்னல், சொல் ஒன்றில் உள்ள பல எழுத்துக்களில் ஓர் எழுத்தைப் போன்றதாகும் விசை என்பது. திரும்பவும் ஆய்ந்து பார்த்தால், அந்த ஓர் எழுத்தும், தனித்தியங்கும் வல்லமை படைத்த உயிர் எழுத்துப் போன்றல்லாமல் உயிர்மெய் எழுத்தாக இருக்கிறது. அந்த உயிர்மெய் எழுத்து இதுதான்:

விசை = பிண்டம் $\times$ ஏற்றக்கலி

Force = Mass $\times$ acceleration

இதில் பிண்டம் என்பது மெய் எழுத்து; ஏற்றக் கலி என்பது உயிர் எழுத்து. இவ்வுயிர் எழுத்தும், எல்லா எழுத்துக்களுக்கும் முதற்றாக விளங்கும் அகர உயிர் ஆக இருக்கிறது! ஆம்; வேகம் என்ற உயிர்ப் புத்தன்மைக்கு அடிப்படைத் தூண்டுதலாகக் கணிக்கப் பட்டிருப்பது, ஏற்றக்கலி என்ற அகர உயிரேயாம். ஏற் கனவே ஏற்றக்கலியைப்பற்றி விளக்கியுள்ளோம். இப் பொழுது பிண்டம் என்பதை மீண்டும் ஆராய்வோம்.

29 பிண்டம் (MASS)

ஒரு பொருளில் எது அடங்கியுள்ளதோ அதுவே பிண்டம். இதனைப் பொருண்மை என்றும் குறிப்பதுண்டு, காணுகின்ற எல்லாப் பொருட்களும் பிண்டங்களே. பிண் டங்களை, பௌதிக, வேதிக முறையில் பகுத்துப் பெயர் கள் சூட்டப்பட்டிருக்கின்றமை நமக்குத் தெரியும். பிண் டத்தின் அளவைக் கணிப்பதற்கு எடை என்ற அளவைப் பயன்படுத்துகிறோம். உண்மையில் எடை என்பதும் ஒரு விசை என்று முன்பு சுட்டிக் காட்டினோம். அது எப்படி என்று சொல்வதாக உறுதிமொழியும் அளித்திருந்தோம். உறுதிமொழியை இவண் நிறைவேற்றுகிறோம்.

நாம் வாழும் இந்தப் பூமிக்கோளுக்கு, புவிக்கவர்ச்சி என்ற ஈர்ப்பு விசை உண்டல்லவா? பூமியின் ஈர்ப்பு விசைக்குரிய ஏற்றக்கலிவீதம் (இடைத்தர அளவாக) 32 அடி/நொடி ^{2}. இந்த ஏற்றக்கலிவீத அளவு எல்லாப் பண்டங்களின் மீதும் **சமமாகவே** ஆதிக்கம் செய்கிறது. இந்த உண்மையை அறிவியல் முனைவர் கலீலியோ, பைசா நகரத்துச் சாய்ந்த கோபுரத்திலிருந்து வெவ்வேறு

எடைகளைக்கொண்ட வெவ்வேறு பொருட்களை ஒரே சமயத்தில் விழச்செய்து எண்பித்துக்காட்டினர். இதன் குறிப்பு : பௌதிக, வேதிக, கனப்பருமன் ஆகிய வேறு பாடுகளினுல் புவி ஈர்ப்பின் ஏற்றக்கலி வீத அளவு மாறுவதில்லை. பிண்டங்களின் அளவுகளைக் கணிப்பதற்கு இவ்வுண்மை மிக முதன்மையானதாகும். இதை அடிப்படையாகக் கொண்டே பொருட்களின் எடைகளை, பிண்டங்களின் அளவுகளாகக் கொண்டுள்ளோம். எனவே எடை என்பது, பிண்ட அளவைக் குறிக்கும் ஓர் ஒப்புமை அலகே (Relative unit) ஆகும்.

துலாக்கோலில் எடை வைக்கப்படும் தட்டும், பண்டம் வைக்கப்படும் தட்டும் சமமாக வரும்வரை எடைக் கற்களைப் பெய்து, அப்பண்டத்தின் எடையைச் சொல்கிறோம். இத்தகைய சமநிலையில், எடைக்கல்லின் மீது தாக்கும் புவி ஈர்ப்பு விசையும், பண்டத்தின் மீதுதாக்கும் புவிஈர்ப்பு விசையும் சமமாக இருக்கிறது.

இதை ஓர் ஈடாக்கம் (Equation) ஆகப் பொறிப்போம்

எடைக்கல்லின் பிண்ட அளவு : $பி_1$

பண்டத்தின் பிண்ட அளவு : $பி_2$

புவி ஈர்ப்பின் ஏற்றக்கலி வீதம் : ஈ

$$பி_1 \times ஈ = பி_2 \times ஈ$$

$$\text{எனவே } பி_1 = பி_2$$

ஈர்ப்பின் ஏற்றக்கலி வீதம் இரண்டு தட்டுக்களிலும் ஒரே அளவுடையதால் எடைக்கல்லின் பிண்ட அளவும் பண்டத்தின் பிண்ட அளவும் ஒன்ருக உள்ளன. இதி

விருந்து எடை என்பது பிண்ட அளவைக் குறிக்கப் பயன்படுகிறது என்பதைத் தவிர, எடைக்கல்லில் அடங்கியுள்ள பிண்டத் தன்மையும், பண்டத்தில் அடங்கியுள்ள பிண்டத் தன்மையும் ஒன்று என ஆகாது! ஒன்றாக இருக்குமாயின், எடைக் கல்லின் கனப்பருமன் அளவுக்கே பண்டத்தின் கனப்பருமன் (volume) இருக்கவேண்டும். ஆனால் அப்படி இல்லை! பஞ்சை நிறுத்துப்பார்த்தால், ஐயம் பஞ்சாய்ப் பறக்குமே!

பண்டத்தில் அடங்கியிருக்கும் பிண்டத் தன்மைக்குத் தகுந்தபடி ஒவ்வொரு பண்டத்தின் அடிப்படை கனப்பருமனுக்குரிய எடை இருக்கிறது. 1 கன சென்ட்டி மீட்டர் கனப்பருமன் நீரின் எடை 1 கிராம். அதே கனப்பருமன் தங்கத்தின் எடை 19.3 கிராம். இவ்வாறே வேறு வேறு பண்டங்களின் எடைகள் அடிப்படைக் கனப்பருமனுக்கு வெவ்வேறாக இருக்கின்றன. அடிப்படை கனப்பருமனை ஆதாரக்கோடாக வைத்து நீரின் எடைக்கும், மற்ற பொருளின் எடைக்கும் இடையேயுள்ள உறவுவீதத்தை குறிமதி ஈர்ப்பு (Specific gravity) என்கிறார்கள். இதில் வரும் ஈர்ப்பு என்ற சொல், எடையுடன் உள்ள தொடர்புடைமையை உணர்த்துவது காண்க!

30 இன்னும் விடமாட்டோம்! பிண்டத்தைத் தட்டி எழுப்புவோம்!

பிண்டத்தின் தலையாய பண்பு, மாறமறுக்கும், அடம்பிடிக்கிற தன்மையாகும். இதைத்தான்

"எந்தப் பொருளும், அதன் அசையா நிலையையோ, நேர்கோட்டில் சீரான இயக்கத்தில் அசைவதையோ,

வெளியிலிருந்து தாக்கும் விசையாலன்றி, தானாக மாற்றிக் கொள்கிறதில்லை"

என்று விதி வரையறுப்பதாகக் கூறிக்கொண்டு பழித்துரைத்தார், நியூட்டன்! பிண்டம் என்பது சோம்பேறி அல்ல! ஒரு மழுங்கன்! படுத்துக்கிடந்தால் கிடந்தபடி! இயக்கினால் இயங்கியபடி!

படுத்துக்கிடக்கும் பிண்டத்தை இயங்கச் செய்ய வேண்டுமானால் வேறு ஏதாவது அதை எழுப்பவேண்டும். அதே போல் இயங்கிக்கொண்டிருக்கும் பிண்டத்தை நிறுத்த வேண்டுமானால் வேறு ஏதாவது அதைத் தடுக்க வேண்டும்.

நின்றுகொண்டிருக்கும் பயில்தி (train) வண்டியைக் கிளப்ப நீராவியின் வெப்ப ஆற்றல் தேவைப்படுகின்றது. சுன்ன வேகத்திலிருந்து கிளம்பி மணிக்கு 40 கி. மீ. வேகத்தை சிறிது நேரத்தில் பயில்தி எய்துகிறது என்று வைத்துக் கொள்வோம். அச் சிறிது நேரத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட ஏற்றக்கலிவீதத்தில் வேகம் படிப்படியாக அதிகரித்து மேற்படி 40 கி. மீ வேகத்தை வண்டி எய்திருக்கும். இந்த 40 கி. மீ. வேகத்தை எய்தியபின், சடாரென்று, நீராவிப்பொறியிலிருந்து வரும் வெப்ப ஆற்றலை நிறுத்தி விடுவதாகவும், வாளப்பாதையில் (Railway) கொஞ்சம்கூடப் பிணர்வுத்தடை (Frictional resistance) இல்லை என்றும், சூழ உள்ள வெளியிலிருந்து காற்றுத்தடை எதுவும் இல்லை என்றும், சுருக்கமாக எந்தத் தடையும் இல்லை என்று வைத்துக்கொள்வோம். என்ன நடக்கும் நியூட்டன் விதிப்படி? பயில்தி

நிற்காமல் போய்க்கொண்டே........கொண்டே யிருக்கும் நம்பிக்கை வரவில்லையா? அம்புலியில் மனிதர்கள் இறங்கினர் என்ற செய்தியை நம்பமறுக்கும் அமெரிக்கர் சிலரும் இருக்கிறார்களாமே! ஆனால் திண்ணமாக நம்பலாம்!

எப்படி? ஓடிக்கொண்டிருக்கின்றது வண்டி. நீராவிப் பொறி இயக்கத்தை நிறுத்தியவுடனே, வண்டி நிற்க வேண்டுமே! அப்படி நிற்கிறதா? உடனே நிற்பதில்லை. தடுக்கத்தை (Brake-ஐ) கௌவச் செய்தபிறகுகூட, வண்டி சற்றுத் தொலைவு ஓடியபின்னரே நிற்கிறது அப்படியானால் நீராவி ஆற்றல் கிடைப்பது நிறுத்தப்பட்ட பின்னரும் வண்டி, ஓடுவதற்கு ஆற்றல் எங்கிருந்து கிடைத்தது? அந்த ஆற்றல் வண்டியிலேயே எழுப்பப்பட்டுள்ளது என்கிறார் நியூட்டன் பெருமகனார்!

மணிக்கு 40 கி.மீ. வேகத்தை எய்திய பயில்தி, தடை ஏதும் இல்லையென்றால், நீராவியாற்றல் இல்லாமலேயே தொடர்ந்து ஓடும். ஆக, அந்த வேகத்தை எய்தும் வரைக்குந்தான் நீராவியாற்றல் தேவை என்பது பெறப்படுகின்றதல்லவா? அந்த வேகம் எய்துகின்றமுறை, சுன்ன வேகத்திலிருந்து படிப்படியாக அதிகரித்தல் ஆகும். அதாவது ஏற்றக்கலிவீதம். ஆகவே இந்த ஏற்றக்கலி வீதத்தைத் தெரிந்துகொண்டால் தேவைப்படும் நீராவி யாற்றல் எவ்வளவு என்பதைச் சொல்லமுடி........யும்! முடியும் என்பதைச் சற்றுத் தயக்கத்துடன் புள்ளியிட்டு மென்று விழுங்கிச் சொன்னதற்குக் காரணம், ஏற்றக்கலி வீதம் **மட்டும்** தெரிந்தால் போதாது, அந்த வேகத்தை எய்தப் போகின்ற பயில்தி வண்டியின் பிண்ட அளவும்,

இன்னும் வேறு சில அளவுகளும் வேண்டும் என்பதாலேயே. பின்னே என்ன? சின்ன வண்டிக்கும் பெரிய வண்டிக்கும் வேறுபாடு இல்லையா? தற்பொழுது, ஏற்றக்கலிவீத அளவையும், வண்டியின் பிண்ட அளவையும் மட்டுமே எடுத்துக்கொண்டு, அவ்விரண்டுக்கும் சேர்த்து ஒரு பெயரைச் சூட்டுவோம். தேவைப்படும் நீராவியாற்றலைக் கணக்கிட இன்னும் வேறு சில அளவுகளும் வேண்டும் என்றோம். அந்த வேறு சில அளவுகளை அப்புறம் பார்த்துக்கொள்ளலாம், இப்பொழுது தெரிந்துகொள்ளவேண்டியது:

பிண்டம் × ஏற்றக்கலி = விசை

31 விசையைக் குறிக்கும் அலகுகள்

பிண்டத்தை கிராம் எடையிலும், ஏற்றக்கலியை 1 செ.மீ. நொடி^{2} என்ற அளவிலும் பொறித்தால்,

1 கிராம் × 1 செ.மீ/ நொடி^{2} = 1 டைன்

பிரிட்டிஷ் முறையில்

1 பவுண்டு × 1 அடி/நொடி^{2} = 1 பவுண்டால்

வரையறை

1 1 கிராம் எடையுள்ள ஒரு பொருள், 1 செ.மீ/நொடி^{2} என்ற ஏற்றக்கலியை எய்துவதற்குத் தேவையான விசை, 1 டைன் ஆகும்.

2 1 பவுண்டு எடையுள்ள ஒரு பொருள் 1 அடி/நொடி^{2} என்ற ஏற்றக்கலியை எய்துவதற்குத் தேவையான விசை 1 பவுண்டால் ஆகும்!

ஓர் ஆறுதல் பெருமூச்சு! நல்லவேளையாக, காலஅளவு பிரிட்டிஷ் முறையிலும் மெட்ரிக் முறையிலும் ஒன்ருகவே இருக்கிறது! அல்லாவிட்டால் குழப்பமலைகள் தோன்றியிருக்கும்!

32 புவிஈர்ப்பைப் பொருத்திய விசையின் அலகுகள்

டைனும், பவுண்டாலும் விசையின் தனித்த அலகுகள் (Absolute units) ஆகும். இவ்விரண்டு அலகுகளிலும் ஏற்றக்கலியை முறையே

1 செ.மீ / நொடி^{2}, 1 அடி / நொடி^{2} என வைத்துள்ளோம். இதற்கு மாற்ருக (புவிஈர்ப்பின் ஏற்றக்கலிவீத அளவை இதில் பொருத்தி,

1 கிராம் × 981 செ.மீ / நொடி ^{2} = 981 டைன்கள்

1 பவுண்டு × 32 அடி / நொடி^{2} = 32 பவுண்டால்கள்

என்று பொறியாண்மைத்துறை போன்றவற்றில் விசையின் அலகுகளை வைத்திருக்கிருர்கள்.

விரிவுரை

1 கிராம் எடையுள்ள பண்டத்தின்மீது செலுத்தப்படும் புவிஈர்ப்பு விசையின் அளவு 981 டைன்கள் என்பதாகும்.

1 பவுண்டு எடையுள்ள பண்டத்தின் மீது செலுத்தப்படும் புவிஈர்ப்பு விசையின் அளவு 32 பவுண்டால்கள் என்பதாகும்.

எழினி: 12 அசைவாரம் (Momentum)

33 அசைவுப்பயன்.

நின்றநிலையிலிருக்கும் ஒரு பொருள் அசைந்து ஒரு குறிப்பிட்ட ஏற்றக்கலி வீதத்தில் படிப்படியாக வேகம் அதிகரித்து ஒரு குறிப்பிட்ட சீரான வேகத்தை எய்து வதற்குத் தேவையான விசையை,

பிண்டம் × ஏற்றக்கலி என்ற சூத்திரத்தால் கண்டு பிடிக்க முடியும் எனத் தெரிந்துகொண்டோம். இதற்-கடுத்தது, ஒரு குறிப்பிட்ட சீரான வேகத்தில் செல்லும் பொருள் அந்த வேகத்தைக் காட்டிலும் கூடுதலான வேகத்தை எய்தும்பொழுது ஏற்பட்ட விசையைக் கணித்தல் ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டு

நொடிக்கு 30 மீட்டர் வேகத்தில் போகும் 500 கிலோகிராம் வண்டியொன்று, மேற்படி வேகத்திலிருந்து நொடிக்கு 50 மீட்டர் வேகத்தை, 5 நொடியில் எய்துகின்றது. அப்படியானல் வண்டியில் ஏற்பட்ட விசை அளவு என்ன?

இந்தக் கணக்குக்கு விடை காண்பதற்குமுன் ஒரு செய்தியைத் தெரிந்துகொள்ளவேண்டும்.

மேற்குறித்த கணக்கில் வரும் வண்டி, ஏற்கனவே 30 மீ. / நொடி என்ற வேகத்தைப் பெற்றிருக்கிறது. இதன் காரணமாக அந்த வண்டிக்கு ஓர் அசைவுப்பயன் உண்டு. நியூட்டனின் முதல் விதிப்படி, எவ்விதத் தடையும்

இல்லையென்றால், சீரான இயக்கத்தைப் பெற்றதொரு பொருள், நிற்காமல் தொடர்ந்து இயங்கிக் கொண்டிருக்கும். அவ்வாறு இயங்கும் பொழுது தடையாக, ஒரு மரம் மோதுகின்றது என்று வைத்துக்கொள்வோம். மோதலின் விளைவுக்கு, வண்டியின் எடைமட்டும் காரணமாக இல்லாமல், வண்டியின் வேகமும் காரணமாக இருக்கிறது என்பதை எளிதில் அறிவோம். ஒரே அளவு எடை இருந்த போதிலும், ஒன்று குறைந்த வேகமுடையதும் மற்றது கூடுதல் வேகம் உடையதுமான இரண்டு வண்டிகளின் தனித்தனி மோதல்களின் விளைவுகள் திண்ணமாய் வெவ்வேறாய் இருக்கின்றன. எனவே, பிண்டத்தைத் தவிர, வேகம், ஓர் அடிப்படையான காரணமாய் அமைந்திருக்கிறது. இந்தத்தன்மையை கருத்தில் கொண்டு, ஓர் அலகு முறையை ஏற்படுத்தியிருக்கிறார்கள். அஃதே அசைவாரம் (Momentum) என்பதாகும்.

அசைவாரம் = பிண்டம் × வேகம்.

இந்த உண்மையைப் பயன்படுத்தி மேற்கண்ட கணக்கை அணுகுவோம.

கணக்கை அணுகும் வரிசைகள்

1) நொடிக்கு 30 மீட்டர் வேகத்தில்
வண்டியின் அசைவாரம் : $500 \times 30 = 15000$

2) நொடிக்கு 50 மீட்டர் வேகத்தில்
வண்டியின் அசைவாரம் : $500 \times 50 = 25000$
இது கடைசி அசைவாரம்.

3) 30 மீட்டர் வேகத்திலிருந்து 50 மீட்டர் வேகத்தை வண்டி எய்துவதற்கு ஆகிய நேரம் : 5 நொடிகள்.

4) எனவே, 5 நொடிகளில் ஏற்பட்ட அசைவார மாற்றம் : 25000 — 15000 = 10000

5) ஆதலால் ஒரு நொடிக்கு ஏற்பட்ட அசைவாரம் :

$$\frac{10000}{5} = 2000$$

34 அசைவார மாற்ற வீதமே விசை

ஒரு நொடிக்குக் கணக்கீடாகும் அசைவார மாற்றத்தை, அசைவார மாற்ற வீதம் (Rate of change of momentum) என்று அழைக்கிறோம். இக்கணக்கின்படி அசைவார மாற்றவீதம் 2000. **இதுதான் விசை என்கிறார் நியூட்டன்!** அவரின் இரண்டாம் விதியை மீண்டும் பொறிப்போம்.

"ஒரு பொருளில் எழுப்பப்படும் விசைக்கேற்ப, அப்பொருளின் அசைவாரம் மாறுகின்ற வீத அளவு இருப்பதுடன், அந்த விசை எழுப்பப்படும் நெறிப்போக்கிலேயே அவ்அசைவாரம் நடைபெறும்."

விசை என்பது பிண்டம் × ஏற்றக்கலி அல்லவா? இந்தமுறையில் மேற்சொன்ன கணக்கைச் செய்து சரி பார்ப்போம்.

ஏற்றக்கலிவீதம் $= \frac{50-30}{5} = 4$ மீட்டர் / நொடி²

வண்டியின் எடை (பிண்டம்) = 500 கிலோ கிராம்

எனவே, விசை = 4 × 500 = 2000

அசைவார மாற்றவிதமும் விசை என்பதும் ஒன்று தான் எனத் திண்ணமாய்த் தெரிந்துவிட்டது அல்லவா?

35. எழுப்பப்படும் விசை என்றார்!

ஒரு பொருள் அசையாமல் இருக்கும் நிலையிலிருந்து இயங்கும் நிலைக்கு மாறவும், ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்தில் இயங்கும் நிலையிலிருந்து அதனினும் கூடுதலான வேகத்தில் இயங்கவும், முறையே தட்டி எழுப்புதல், துள்ளச் செய்தல், தேவைப்படுகின்றன. இதற்குக் காரணம் பொருளில் அடங்கியுள்ள பிண்டத்தின் விறைப்புத் தன்மையே (Inertia) ஆகும். இந்த உண்மையை, இப்படி மாற்றிச் சொன்னார்கள் :

விறைப்புத் தன்மையை எது ஒரு பொருளுக்குக் கொடுத்திருக்கிறதோ அது பிண்டம் எனப்படும்.

பிண்டத்தை வரையறுக்க எத்தனை கோணங்களி லிருந்தெல்லாம் தாக்குதல் நடத்த வேண்டியிருக்கிறது. பாருங்கள்!

ஒரு பொருள் மீது செலுத்தப்படும் ஆற்றல் காரண மாக, அப்பொருள், விறைப்புத்தன்மை என்ற மந்தாரத் திலிருந்து விழித்தெழுந்து அசைவதால், விசையை, ' எழுப்பப்படும் விசை ' என்றார் நியூட்டன்.

தீர்மானத் தாளம்!

ஒரு பாட்டு முடியும்பொழுது கடைசியில் தீர்மானத் தாளம் மேலெழுந்து ஒலிக்கும். அதைத் தொடர்ந்தே

பாராட்டுக் கையொலி முழக்கம் எழுதல் வழக்கம்—நன்ருயிருந்தால்!

பொறியாண்மைச் சரக்கொன்றைச் சமைக்கும் பொழுது, எல்லாம் முடிந்து கடைசியாக, முனைகள், விளிம்புகள், வளைவாரங்கள் ஆகியவற்றை நயப்படுத்து வார்கள். அந்த நடவடிக்கையைத் தொழில் நுட்ப மொழியில் தீர்மானித்தல் என்று கூறுவார்கள். இந்த முறையில் விசை பற்றிய இலக்கணத்தை இங்கு தீர்மானிக்கிருேம்.

1. அசையா நிலையிலிருந்து ஒரு பொருள் குறிப்பிட்ட வேகத்தை எய்துதற்கு அசையும் பொழுது.

விசை = பிண்டம் × ஏற்றக்கலி

2. ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்திலிருந்து அதிகமான வேகத்தை ஒரு பொருள் எய்தும்பொழுது,

விசை = அசைவார மாற்றவீதம். அதாவது அசைவார மாற்றம் / நொடி. இங்கு அசைவாரம் என்பது பிண்டம் × வேகம்.

எழினி : 13 வேலையைக் காட்டுவோம்!

"அந்தப் பயல் என்னிடமே வேலையைக்காட்டி விட்டான்'க!"

ஏமாற்றிவிட்டான் என்பதை இப்படி, வேலையைக் காட்டுதல் என்கிற பொருளில் வழங்குகின்றார்கள். ஏமாற்றுவதற்குமுன் பல நடவடிக்கைகளை செய்திருக்க வேண்டும் என்பதையே ஒரே குறியீட்டால் வேலை என்று சொல்லப்படுகின்றது. அது போன்ற வேலையைக் காட்டப் போவதில்லை, நாம்! ஆனால் ஒரு வேலை செய்திருக்கிறோம். பொறியாண்மையில் வேலை என்பதை நிறுதிட்டமாகக் கணிக்க எவை தேவைப்படுமோ அவற்றையெல்லாம் ஒருவாறு இதற்கு முந்திய கட்டுரைகளில் விளக்கியிருப்பதாக நம்புகிறோம்.

வேலையளவு (work done) = விசை × கடப்புத் தொலைவு

விசை என்ன என்பதையும், அதன் அளவு கணிப்பையும் விரித்தோதியுள்ளோம் கடப்புத் தொலைவைக் கணிக்கும் முறையையும் கண்டோம். வேலையளவைப் பற்றிய செய்திகள் சிலவற்றை இங்கு உரைக்கின்றோம்.

36. வேலையளவின் அலகுகள்

மெட்ரிக் முறையில் வேலையின் அலகு

விசைக்குரிய அலகு 1 டைன் அல்லவா? தொலைவுக் குரிய அலகு 1 சென்டி மீட்டர். எனவே,

வேலை = 1 டைன் செ.மீ. = 1 எர்க் (1 erg)

இந்த எர்க் என்பது சிறிய அலகு ஆதலால் வசதிக்காகக் கொஞ்சம் பெரியதாய் வேண்டும் என்று அதன் மேற்கோப்பு அலகாகக் கீழ்க்கண்டவாறு நிறுவி உள்ளார்கள்.

10^7 எர்க் = 1 ஜோல்

10^7 erg = 1 Joule

பிரிட்டிஷ் முறையில் வேலையின் அலகு

விசைக்குரிய அலகு 1 பவுண்டால்; தொலைவுக்குரிய அலகு 1 அடி : எனவே, வேலை = 1 அடிப்பவுண்டால் (1 foot poundal)

37. ஈர்ப்பு அலகைப் பொருத்துதல்

மேற்கூறிய அலகுகள் தனித்த அலகுகள். புவிஈர்ப்பு அலகை அவற்றுடன் பொருத்தினுல் வேலையின் அலகு,

மெட்ரிக் முறையில் 981 எர்க்

பிரிட்டிஷ் முறையில் 32 அடிப்பவுண்டால் என வரும்.

38 வேலை அலகை நிறுவுதலில் நடைமுறைத் திருத்த விதி

பிரிட்டிஷ் முறையில் வேலையைக் குறிக்கும் அலகு 1 அடிப்பவுண்டால் என்பதாகும். இதில்உள்ள பவுண்டால் என்பது விசையையும், அடி என்பது கடப்புத்தொலைவையும் குறிக்கிறது. ஏனெனில் வேலை = விசை × கடப்புத் தொலைவு.

மீண்டும், 1 பவுண்டால் என்பது 1 பவுண்டு × 1அடி/நொடி^{2} என்பதாகும். 1 பவுண்டால் என்பதை

நடைமுறையில் பவுண்டு எனவே கொண்டு, வேலையின் அலகை அடிப்பவுண்டு, என்று குறிப்பது வழக்கம். இது சரியா? கணக்குப் போட்டுப் பார்த்தால் தெரிந்துவிடுகிறது!

கணக்கு 1

500 பவுண்டு எடையுள்ள வண்டி, நின்ற நிலையிலிருந்து கிளம்பி நொடிக்கு 100 அடி என்ற வேகத்தை எய்துவதற்கு 5 நொடிகள் ஆகின்றன. இதிலிருந்து, வேலையளவைக் கண்டுபிடிக்க.

துவக்க வேகம் = 0. கடைசி வேகம் = 100 அடி/நொடி

கழிந்த நேரம் = 5 நொடிகள்

$$\text{எனவே ஏற்றக்கலி} = \frac{100}{5} = 20 \text{ அடி/நொடி}^2$$

∴ விசை = பிண்டம் × ஏற்றக்கலி

= 500 × 20 = 10.000 பவுண்டால்

$$\text{கடப்புத் தொலைவு} = \frac{1}{2} \text{ஏநே}^2 = \frac{20 \times 5^2}{2}$$

= 10 × 25 = 250 அடி

ஆதலால் செய்யப்பட்ட வேலையளவு = விசை × கடப்புத்தொலைவு = 10.000 × 250 = 25,00,000 அடிப் பவுண்டால்

கணக்கு 2

1500 பவுண்டு எடையுள்ள வண்டி மேற்கண்டவாறே நொடிக்கு 100 அடி என்ற வேகத்தை எய்துவதாக

வைத்துக்கொள்வோம். அப்பொழுது அதன் வேலையளவு என்ன?

விசை = 1500 × 20 = 30.000 பவுண்டால்

கடப்புத் தொலைவு = 250 அடி

செய்யப்பட்ட வேலையளவு = 30.000 × 250
= 75,00,000 அடிப்பவுண்டால்

ஒப்புமை நோக்கு

500 பவுண்டு எடையுள்ள வண்டியின் வேலையளவுக்கும் 1500 பவுண்டு எடையுள்ள வண்டியின் வேலையளவுக்கும் இடையேயுள்ள

விகிதம் = 25,00,000 : 75,00,000 = 1 : 3

விசையின் அலகான பவுண்டால் என்பதற்கு மாற்முக விசையை எடையாக மட்டுமே கொண்டு வேலையின் அளவைக் கணக்கிட்டால்,

500 பவுண்டு வண்டியின் வேலையளவு = 500 × 250
= 1,25,000 அடிப்பவுண்டு

1500 ,, ,, = 1500 × 250
= 3,75,000 அடிப்பவுண்டு

125000 அடிப்பவுண்டு : 375000 அடிப்பவுண்டு
= 1 : 3

எனவே இரண்டுமுறையிலும் விகிதங்கள் ஒன்ருகவே வருகின்றன. வேலையின் அளவை நாம் கணிப்பதற்குக் காரணம் வெவ்வேறு பொருள்களின் வேலை அளவுகளை ஒப்பிடுவதற்குத்தானே? எனவே இந்த ஒப்புமை விகிதம்

பவுண்டால் என்பதற்கு மாற்ாக, பவுண்டு என்பதைக் கொண்டு கணக்கிட்டாலும் கிடைத்து விடுகின்றது. ஆகவே வேலையளவை இத்தனை அடிப்பவுண்டுகள் என்று குறித்தல் நடைமுறைக்குப் போதுமானதாய் இருக்கின்றது.

39 வல்லமை (Power)

ஒரு நொடிப்பொழுதில் ஆற்றப்படும் வேலை அளவு வல்லமை எனப்படும்

25000 அடிப்பவுண்டு என்றால், செய்யப்பட்ட வேலையின் மொத்த அளவை மட்டுமே குறிக்கும். இந்த அலகில், அந்த வேலை செய்யப்பட்ட நேரத்தின் அளவு வரவே இல்லை. 1 மணி நேரத்தில் 25000 அடிப்பவுண்டு வேலையைச் செய்யும் பொறியொன்றின் வல்லமையும், அதே வேலையை 2 மணி நேரத்தில் செய்யும் இன்னொரு பொறியின் வல்லமையும் ஒன்றுகுமா? பொறியாண்மை நுட்பத்தை 3 ஆண்டுகளில் படிக்கும் மாணவனின் மூளை வல்லமையும், அதே நுட்பத்தை 5 ஆண்டுகளில் படிக்கும் மாணவனின் மூளை வல்லமையும் ஒன்று?

ஆதலால், வேலையின் அளவை, அதைச் செய்த நேரத்துடன் பொருத்தி ஒரு நொடிப்பொழுதில் இத்தனை அடிப்பவுண்டு வேலை என்பதை வல்லமை (power) என்கிறோம்.

40 வல்லமையின் அலகுகள்

மெட்ரிக் முறையில், வல்லமையின் அடிப்படை அலகு = 1 ஜோல்/நொடி, இதையும் சுருக்கி, சொல்வதற்கு எளிதாக

1 ஜோல்/நொடி = 1 உவாட் (1 Watt) என்கிறோம்.

1000 உவாட் = 1 கிலோ வாட்

பிரிட்டிஷ் முறையில் வல்லமையின் அடிப்படை அலகு = 1 அடிப்பவுண்டு/நொடி

இந்த அளவைச் சற்றுப் பெரிதாக்கி, 550 அடிப் பவுண்டு/நொடி என்பதை 1 பரி வல்லமை (1 Horse power) என்று நிறுவியுள்ளோம்.

(ஏது, குதிரையை மனிதன் விடமாட்டான் போலிருக்கிறது! சண்டை போடுவதற்கும் குதிரை! மாப்பிள்ளை ஊர்வலத்திற்கும் குதிரை! பொறியாண்மைக் குறியீட்டிற்கும் குதிரை! குதிரைகள் வாழ்க!)

குதிரை ஏற்றம் முடிந்தது

நாம் நான்காம் எழினியில் ஏறி அமர்ந்த குதிரையிலிருந்து இறங்கிக்கொள்கிறோம்.

இனி ஆற்றல் என்பதைப் பற்றி ஆராய்வோம்!

எழினி : 14 ஆற்றல்

41 நினைவு கூர்தல்

" எந்தப் பொருளும், அதன் அசையா நிலையையோ நேர்கோட்டில் சீரான இயக்கத்தில் அசைவதையோ வெளியிலிருந்து தாக்கும் விசையாலன்றி, தானாக மாற்றிக் கொள்கிறதில்லை "

—நியூட்டனின் அசைவுபற்றிய முதலாம் விதி

(அ) அசையா நிலையிலுள்ள ஒரு பண்டத்தை இயங்கச்செய்வதற்கு அப்பண்டத்தின் மீது வெளியிலிருந்து தாக்கும் விசை வேண்டும்.

(ஆ) வெளிவிசையின் தாக்குதலுக்குள்ளான பண்டம் தன் அசையா நிலையிலிருந்து கிளர்ந்தெழுந்து, சுன்ன வேகத்தில் துவங்கி, படிப்படியாக வேக அதிகரிப்பு ஏற்றக்கலிவீதம் பெற்று குறிப்பிட்டதொரு சீரான வேகத்தை எய்தியதும், அச்சீரான வேகத்தில் தொடர்ந்து இயங்குகின்றது.

(இ) சுன்ன வேகத்திலிருந்து சீரான வேகம் எய்துதற்காக பண்டம் மேற்கொள்ளும் ஏற்றக்கலியையும் (acceleration) அப்பண்டத்தின் பிண்டத்தையும் (mass) பெருக்கிய தொகைக்கு விசை என்று பெயர். இதனை உள்விசை என்று அழைப்போம். வெளியிலிருந்து அப்பண்டத்தின் மீது தாக்கிய விசை, அப்பண்டத்திற்குள் இந்த உள்விசையை எழுப்பிவிட்டு விடுவதாலேயே, சீரான வேகத்தை எய்திய பிறகு அப்பண்டம் தொடர்ந்து அதே சீரான வேகத்தில் செல்கின்றது.

(ஈ) வெளிவிசையால் ஒரு பண்டத்தின் உள்விசை எழுப்பப்படுகின்றது.

(உ) உள்விசை எழுப்பப்படுவதற்கு ஒரு பண்டம் சுன்ன வேகத்திலிருந்து குறிப்பிட்டதொரு ஏற்றக்கலியைப் பெறுதல் வேண்டும்.

(ஊ) ஏற்றக்கலி நடைபெறும் காலத்தில் அந்தப் பண்டம் ஒரு குறிப்பிட்ட தொலேவு நகர்கின்றது.

(எ) பிண்டம் ✕ ஏற்றக்கலி = விசை

விசை ✕ மேற்படி நகர்ந்த தொலேவு = வேலேயளவு

(ஏ) வேலே அளவை, மேற்படி ஏற்றக்கலி நடை பெறுதற்கு ஆகிய நேர அளவால் வகுத்தால், அந்தப் பண்டத்தால் ஆற்றப்படும் வேலேயளவு வீதம் அதாவது வல்லமை தெரியவருகின்றது.

(ஐ) மேலே நிரல் படுத்திய செய்திகளின் திரண்ட பிழிவு இதுதான்;

நியூட்டன் விதிப்படி 'எந்தப்பொருளும் நேர்கோட்டில் சீரான இயக்கத்தில் அசைவதை வெளியிலிருந்து தாக்கும் விசையால் அன்றி, தானுக மாற்றிக்கொள்கிறதில்லே'. இந்த உண்மையை மறுதலேயாகப் பார்த்தால், வெளியி லிருந்து தாக்கும் விசை இல்லாமலேயே ஒருபண்டம் தானுக நேர்கோட்டில் அசையும் என்றும்,

நியூட்டன் விதிப்படி 'எந்தப்பொருளும் அதன் அசையா நிலேயை, வெளியிலிருந்து தாக்கும் விசையால் அன்றி, தானுக மாற்றிக்கொள்கிறதில்லே' என்பதன்

மறுதலையாக, வெளியிலிருந்து தாக்கும் விசையால் ஒரு பண்டம் அசையா நிலையிலிருந்து நேர்கோட்டில் சீராக இயங்கும் அளவுக்கு மட்டுமே அப்பண்டத்தின் உள்விசை எழுப்பப்படுகின்றது என்றும் தெளிவாகின்றன.

இந்த திரண்ட பிழிவின் மாத்திரை : ஒருபண்டத்தின் உள்விசை எழுப்பப்படும் அளவுக்கே வெளிவிசை தேவைப் படுகிறது.

42 ஆற்றல்

எழுப்பப்பட்ட உள்விசையால் ஒரு பண்டம் நகர்ந்த தொலைவை அடிப்படையாகக் கொண்டு, அப்பண்டத்தின் விசையையும், கடப்புத் தொலைவையும் பெருக்கிய தொகையை, அப்பண்டம் ஆற்றியவேலையின் அளவாகக் கணிக்கின்றோம். இந்த வேலையை ஆற்றுவதற்கு உரிய திறத்தை அப்பண்டம் பெற்றிருத்தலையே ஆற்றல் (Energy) என்கிறோம்.

சரியாகச் சொன்னால், ஆற்றப்படும் வேலையின் அளவுதான் ஆற்றல் என்பது ஆகும். பிறகு ஏன் வேலையை ஆற்றுதற்குரிய திறம் என்று ஆற்றலைப்பற்றிய இலக்கணமாகச் சொல்லப்படுகின்றது?

ஆற்றல் என்ற தமிழ்ச் சொல்லின் நுட்பமாட்சி

அறிவியல்-பொறியாண்மை உண்மையின்படி குறியீடு செய்யப்படும் 'ஆற்றல்' என்ற தமிழ்ச்சொல், அறிவியல் உண்மையின் ஆழத்தையெல்லாம் தன்னகத்தே கொண்டு

விளங்குகின்றது. எவ்வாறு ஆழத்தை அளக்கிறது என்பதைத் திருக்குறள் நுண்காணியில் நோக்குவோம்.

"ஆற்றுவார் ஆற்றல் பசி ஆற்றல்; அப்பசியை மாற்றுவார் ஆற்றலிற் பின்"

இந்தக்குறளில் ஆற்றல் என்ற சொல் செயல்புரிதல், பொறுத்துக் கொள்ளல் என்ற இரண்டு குறிப்புக்களை உணர்த்துகின்றது. இப்பொது அறிவியலில் நாம் சொல்கின்ற ஆற்றல் (energy) என்ற தன்மைக்குரிய உண்மையும் இவ்வாறே இரண்டுக் குறிப்புக்களை உணர்த்துகின்றது!

ஒரு பண்டம். வெளிவிசையின் தாக்குதலுக்கு உள்ளாகும்பொழுது, அதைப் பொறுத்துக் கொண்டு செயல்புரிகின்றது. அங்ஙனம் செயல்புரிதலே: அப்பண்டம் செய்த வேலை அளவு ஆகும் அவ்வேலையைச் செய்வதற்கு, அப்பண்டம், வெளிவிசைத்தாக்குதலுக்கு உள்ளாகியமையே பொறுத்துக் கொள்ளல் ஆகும். பொறுத்துக் கொண்டு செயலாற்றும் தன்மையைத்தான், வேலையை ஆற்றதற்குரிய திறம் அதாவது ஆற்றல் என்கிறோம்.

ஆற்றல் (Engery)

The energy of a body is its copacity for doing work.

ஒரு பொருளின் ஆற்றல் என்பது வேலையைச் செய்யும் அதன் (அப்பொருளின்) திறம் ஆகும்.

43. பல்வகை ஆற்றல்

வெப்ப ஆற்றல் (Heat energy)
மின்சார ஆற்றல் (Electric energy)
பொதியல் ஆற்றல் (Pontential energy)
கிளர்த்தி ஆற்றல் (Kinetic energy)
இயந்திர ஆற்றல் (Mechanical energy)
வேதிக ஆற்றல் (Chemical energy)
அணுவியல் ஆற்றல் (Atomic energy) ... .

...........இப்படியெல்லாம் பலவகைகளாக ஆற்றலை விரித்தோதுகிறுர்கள். உண்மையில், ஆற்றலில் இத்தனை வகையுண்டா, என்ன?

மிளகுப்பொடி—மிளகைத் தூள் செய்தபொடி. பற்பொடி பல்லைத் தூள்செய்ததா?

மிளகை-ஐ-த்தூள் செய்தது என்பது இரண்டாம் வேற்றுமை உருபும் பயனும் உடன் தொக்கத்தொகை.

பல்லுக்கு-கு-ஆகும்படி வேறு பண்டத்தைத் தூள் செய்தது, பல்பொடி. நான்காம் வேற்றுமை உருபும் பயனும் உடன்தொக்கத் தொகை.

மிளகுப்பொடி - பல்பொடி விளக்கம் போன்றதே, ஆற்றலில் பலவகைகளாகக் கற்பிதம் செய்யப்பட்டிருத்தலும் எந்த வகை ஆற்றலும், செய்த வேலையை அடிப்படையாகக் கொண்டதால், ஆற்றல் என்பது ஒன்றுதான். ஆனல் ஆற்றலைத் தூண்டும் முறைகள் பல. அவற்றைக் கொண்டு இங்ஙனம், பலவகையாக ஆற்றலைச் சொல்கிறுர்கள், பொறியாளர்களாகிய நமக்கு தற்போதைக்குத்

தேவையான இரண்டு வகை ஆற்றல்களைப்பற்றி முதலில் பேசுவோம். அவையாவன;

பொதியல் ஆற்றல் (Potential energy)

கிளர்த்தி ஆற்றல் (Kinetic energy)

மீண்டும் ஒரு சுவையான செய்தி! இவ்விரண்டு வகைகளில் பொதியல் ஆற்றல் என்பதும் கிளர்த்தி ஆற்றலில் அடங்கும். எனினும், பொதியல் ஆற்றல் என்றதொரு வகையைக் கற்பிதம் செய்து அளவுகணிப்புக்கள் நிறுவியிருத்தலுக்குக் காரணம். பொறியாண்மை நடவடிக்கைகளில் அப்படி ஒரு ஏற்பாடு தேவைப்படுவதாலேயே விரிவைப் பின்னர் தருகிறோம். முதலில் கிளர்த்தி ஆற்றலை எடுத்துக் கொள்வோம்.

44. **கிளர்த்தி ஆற்றல்** (Kinetic energy)

ஒரு பண்டம் இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் பொழுது, அதன் ஆற்றலைக் கணித்தலே கிளர்த்தி ஆற்றல் ஆகும்.

இயங்குதல், கிளர்ந்து செல்லுதல், கிளர்த்துகின்ற தன்மையால் ' கிளர்த்தி ஆற்றல் என்று குறியீடு செய்துள்ளோம்.

ஆற்றல் என்பதும், ஆற்றப்பட்ட வேலையளவும் ஒன்றுதான் அல்லவா? ஆகையால் வேலையளவைக்கணிக்கும் சூத்திரத்தையே ஆற்றல் என்பதை நிறுவ பயன்படுத்துவோம்.

வேலை அளவு = [பிண்டம் $\times$ ஏற்றக்கலி] $\times$ கடப்புத்தொலைவு

ஆனல், கடப்புத்தொலைவு $= \frac{1}{2}$ ஏற்றக்கலி $\times$ நேரம்^{2}

எனவே, வேலை அளவு =

$$\frac{\text{பிண்டம்} \times \text{ஏற்றக்கலி} \times \text{ஏற்றக்கலி} \times \text{நேரம்}^2}{2}$$

$= \frac{1}{2}$ பிண்டம் × ஏற்றக்கலி × நேரம் × ஏற்றக்கலி × நேரம்

இங்கு ஏற்றக்கலி × நேரம் என்பது விரைபாங்கு (velocity) ஆகும்.

இந்த வரிசைகளை ஆங்கிலத்திலும் கொடுத்தால்தான் 'விளங்குகின்றது' என்பார்கள்.

Work done $= \frac{1}{2}$ mass × acceleration^2 × time^2

But velocity = acceleration × time

∴ Work done $= \frac{1}{2}$ mass × velocity^2

சொற்களின் முதல் எழுத்துக்களைக்கொண்டு நிறுவினால்'

வேலையளவு அல்லது கிளர்த்தி ஆற்றல் $= \frac{1}{2}$ பி வி^{2}

Word done or Kinetic energy $\frac{1}{2}$ m v^2

கி = கிளர் ஆற்றல் ; k = kinetic energy
பி = பிண்டம் m = mass
வி = விரைபாங்கு v = velocity

ஈடாக்கம் :

கி ஈடாகும் அரைப் பி வி அடுக்கே

தமிழ்ச் சூத்திரம்:-

விரைபாங் கடுக்கினை பிண்டம் பெருக்கிய
அரை அளவாகும் ஆற்றல் கிளர்த்தி

45. பொதியல் ஆற்றல் (Potential energy)

கிளர்ந்து இயங்கும் பண்டத்தின் ஆற்றலேக் கிளர்த்தி ஆற்றல் என்ருல், அந்தக் கிளர்த்தி ஆற்றலே தன்னகத்தே பொதிந்துவைத்துக் கொண்டிருக்கும் பொழுது பார்வைக்கு பண்டம் அமைதியாய் இருப்பதுபோல் தோன்றும். கிளர்ந்து செல்வதற்கு ஏதோ ஒரு தடை இருப்பதால் அவ்வாறு அமைதியாய் இருக்கிறதே தவிர, அந்தத் தடை நீங்கிய மறுநொடியே கிளர்ந்து செல்லும் ஆற்றலே ஒரு பண்டம் பொதியலாய் வைத்திருக்கிறது. இஃதே பொதியல் ஆற்றல் (potential enery) எடுத்துக்காட்டு வேண்டுமா?

கொடைக்கானல் மலேக்கணங்கள் ஒன்றன் பள்ளத் தாக்கில் பேரீஜம் என்னுமிடத்தில் ஏரியொன்று உள்ளது. ஏரிப்பரப்பைக் காணும்பொழுது, மிக அமைதியான எழில்மிளிரும். திருமணம் ஆகாத கன்னிப் பெண்ணின் அடக்க ஒடுக்கத்தை (இந்தக் காலத்தில் அப்படி உண்டா!) அது நினைவுபடுத்துகிறது. பேரீஜம் ஏரியிலிருந்துதான் பெரியகுளம் நகருக்குக் குடிநீர் செல்கின்றது - ஏரிநீரை மதகு அமைப்பால் ஒழுங்குபடுத்தி வெளிப்பாய்ந்து ஓட அனுமதிக்கிருர்கள் அமைதிபூண்டுள்ள ஏரி நீரின் ஆரவார விரைவோட்டத்திற்குத் தடையாய் மதகின் பலகை உள்ளது. பலகைத் தடை இல்லாவிட்டால் ஏரிநீர் பாய்ந்து செல்லும். அதாவது கிளர்த்தி ஆற்றலேப் பெற்றுவிடும் ஏரிநீர் எவ்வளவு உயரத்திலிருந்து பாய்கின்றது என்பதை பொறுத்து, அதன் விரைபாங்கு இருக்கும்.

மேற்கூறியவற்றிலிருந்து பொதியல் ஆற்றல் என்ற தன்மை வாய்ப்பதற்கு இரண்டு காரணங்கள் இருத்தலேத்

தெரிந்து கொள்ளலாம். ஒன்று கிளர்த்தி ஆற்றலைப் பெற முடியாதபடி உள்ள தடை, இரண்டாவது, அத்தடை நீங்கினால், எவ்வளவு கிளர்த்தி ஆற்றலை ஒரு பண்டம் பெறும் என்பது, அப்பண்டம் தடை நீங்குவதற்கு முன்பு உள்ள இருப்புநிலை (Position) யின் அளவு இவ்வுண்மைகளைக் கொண்டு பொதியல் ஆற்றலைக் கணிப்பதற்கு ஒரு பொருளின் இருப்புநிலை (Position) முதன்மையான பங்கு வகிக்கிறது என்பதை உறுதி செய்து கொள்ளலாம், இந்த இடத்தில் ஓர் எச்சரிக்கை! இங்கு காட்டிய உவமையில் தண்ணீரை எடுத்துக்கொண்டோம். தண்ணீர் முதலிய ஈரடப் பொருள்கள் (liquids) புவிஈர்ப்புவிசையின் காரணமாக, உயரத்திலிருந்து பள்ளத்தை நோக்கிப் பாய்ந்து செல்லும் தன்மையைப் பெற்றிருக்கின்றன. இதனால் ஈரடம் (liquid) அல்லாத கட்டிப்பண்டங்களுக்கு பொதியல் ஆற்றல் கிடையாதோ என்று ஐயுறுதல் வேண்டாம்! கட்டிப்பொருட்களும் அவற்றின் இருப்புநிலை காரணமாக, பொதியல் ஆற்றல் உடையனவே. உயரமான மலைமீது பாறையொன்றில் நிற்கும் சிறிய முண்டுக்கல் பெயர்ந்து கீழ்நோக்கி விழும்பொழுது அது கிளர்த்தி ஆற்றல் உடையது என்றுதானே பொருள்படும்! கிளர்த்தி ஆற்றலை உடைய எப்பொருளும் இருப்புநிலை காரணமாக பொதியல் ஆற்றலை உடையதுதானே!

பொதியல் ஆற்றலைக் கணித்தல்

எவ்வகை ஆற்றலாயினும் அதனைக்கணிக்கும் வாய்பாடு பிண்டம் × ஏற்றக்கலி × கடப்புத்தொலைவு என்பதே. கிளர்த்தி ஆற்றலைக் கணிக்கும்பொழுது இதே வாய்பாட்டைத்தான் பயன்படுத்தினோம். ஆனால் கிளர்த்தி என்ற

சொல்லுக்கிணங்க, விரைபாங்கு என்ற தன்மைக்கு முதன்மை அளித்து, இந்த வாய்பாட்டை, விரைபாங்கினை உறவு படுத்தியதாய்,

கிளர்த்தி ஆற்றல் $= \frac{1}{2}$ பி வி^{2}

Kinetic energy $= \frac{1}{2}\, m\, v^2$

என நிறுவினோம்.

அது போல் பொதியல் ஆற்றலைக் கணிக்கும் பொழுது ஒரு பொருளின் இருப்புநிலையை (position) உறவுபடுத்தி வாய்பாட்டை நிறுவியுள்ளார்கள்.

பொதியல் ஆற்றல் = பிண்டம் × ஏற்றக்கலி × கடப்புத் தொலைவு

Potential energy = mass × acceleration × distance

உயரத்திலிருந்து கீழ்நோக்கி ஒரு பிண்டம் வீழ்ச்சியுறும் பொழுது, ஏற்றக்கலி கடப்புத்தொலைவு என்பது அப்பண்டம் வீழ்ச்சியுறும் தொலைவு; அதாவது இருப்பு நிலையின் உயரம் இவற்றை இங்கு பொருத்துவோம்.

ஏற்றக்கலி = புவிஈர்ப்பு அளவு = ஈ

acceleration = a = gravitation = g

கடப்புத்தொலைவு, இங்கு இருப்புநிலையைக் கொண்டு கணித்த உயரம் ஆகும். இதனை 'நி' என்பதைக் கொண்டு குறிப்போம். Distance = position = height = h

எனவே, பொதியல் ஆற்றல் = பிண்டம் × புவிஈர்ப்பு × இருப்புநிலை = பி × ஈ × நி

Potential energy = mass × graviation × position = m g h

நமக்கு ஏற்கனவேயே தெரியும் : பிண்டம் × புவிஈர்ப்பு
= எடை

Mass × acceleration = weight

எனவே, பொதியல் ஆற்றல் = எடை × இருப்புநிலை
அல்லது உயரம் = எ × நி

Potential energy = weight × height = w h

ஈடாக்கம்

பொதியல் = எ நி

சொல் முறை: **பொதியல் ஈடாகும் எ நி பெருக்கல்**

சூத்திரம்:

எடையும் இருக்கை உயரமும் பெருக்கின்
புடைபெயர் கரந்த பொதியல் ஆற்றலாம்

(புடைபெயர் கரந்த = இடம்மாறிக்கிளர்ந்து செல்லுதலைத் தன்னகத்தே ஒளித்து வைத்திருக்கின்ற)

46 கிளர்த்தி ஆற்றலுக்கும் பொதியல் ஆற்றலுக்கும் உள்ள உறவுடமை

பொதியல் ஆற்றலையும் கிளர்த்தி ஆற்றலையும் கணிப்பதற்கு அடிப்படையாக வேலை அளவையே கையாண்டோம் ஏற்கனவே சொன்னபடி பொதியில் ஆற்றலை இருப்புநிலை அளவைக் கொண்டும் கிளர்த்தி ஆற்றலை விரைபாங்கு அளவைக் கொண்டும் அவ்வதற்குரிய ஈடாக்கத்தை நிறுவியுள்ளோமே தவிர, இரண்டின் மதிப்பும் ஒன்றுதான் எனவே கிளர்த்தி ஆற்றலும் பொதியல் ஆற்றலும் ஒன்றுக்கொன்று சமம்.

47. விரைபாங்கைக் கண்டுபிடித்தல்

மேலே நிறுவிய விதிகளைக் கொண்டு, விரைபாங்கின் அளவைக் கணிக்கும் ஒரு வழிமுறை வாய்ப்பாட்டை நிறுவலாம்.

கிளர்த்தி ஆற்றல் = $\frac{1}{2}$ பிண்டம $\times$ விரைபாங்கு^{2} = $\frac{1}{2}$ பி வி^{2}
பொதியல் ஆற்றல் = எடை $\times$ உயரம்
(இங்கு எடை என்பது பிண்டம் $\times$ புவிஈர்ப்பு)
= பிண்டம் $\times$ புவிஈர்ப்பு $\times$ உயரம் = பி ஈ நி

$$\tfrac{1}{2}\ \text{பி வி}^2 = \text{பி ஈ நி}$$

$$\text{வி}^2 = \frac{\text{பி ஈ நி}}{\tfrac{1}{2}\ \text{பி}} = 2\ \text{ஈ நி}$$

$$\text{வி} = \sqrt{2\ \text{ஈ நி}}$$

Kinetic energy = $\frac{1}{2}$ mass $\times$ velocity^2 = $\frac{1}{2}$ m v^2
Potential energy = weight $\times$ height
(Here, weight = mass $\times$ gravitation)
= mass $\times$ gravitation $\times$ height
= m g h

$$\tfrac{1}{2} m v^2 = m g h$$

$$v^2 = \frac{m g h}{\tfrac{1}{2} m} = 2 g h$$

$$v = \sqrt{2 g h}$$

$$\text{விரைபாங்கு} = \sqrt{2 \times \text{புவிஈர்ப்பு} \times \text{உயரம்}}$$

$$= \sqrt{2\ \text{ஈ நி}}$$

$$v = \sqrt{2 g h}$$

வீ இஸ் ஈக்வல்டு ரூட் ஆஃப் டூஜிஹெச்

என்று மிகச் சரளமாக ஒப்பித்தல் போலத் தமிழிலும்

வி ஈடாகும் ஈர்ச நிவேர் (ஈரி நிவேர்) என எளிதாக ஒப்பிக்கலாம்.

சூத்திரம் :

ஈர் ஈர்ப்பு உயர்ச்சியின் வேர்விரை பாங்கே

விரைபாங்கினைக் கணிக்கும் இச்சூத்திரம்—வாய்ப்பாடு மிகவும் கவனத்திற்குரியதாகும். பாசன இயலில், பல்வேறு கட்டங்களிலும், நீரின் விரைபாங்கை அறுதியிடுதல் மிக மிக இன்றியமையாத தேவையாய் இருக்கிறது. பாசனக் கட்டுக்கோப்புகளைக் கோலப்படுத்துவதற்கு அது முதல்படியாக விளங்குகின்றது. எனவேதான் இந்த அடிப்படைச் சூத்திரத்தை விளக்குமுகத்தான் பல்வேறு ஆற்றல் வடிவங்களில், இந்தக் கிளர்த்தி ஆற்றலையும் பொதியல் ஆற்றலையும் எடுத்துக்கொண்டு விரிவாக விளக்கினோம்.

இத்துடன் இந்தச் சிறுநூலின் முதல் அடங்கல் முடிவுறுகின்றது.

ஐயமும் தெளிவும்

வினா : ஏற்றக்கலி நடைபெறும் காலத்தில் நகர்ந்த தொலைவை அடிப்படையாகக் கொண்டே, விசை × கடப்புத்தொலைவு = வேலையளவு என நிறுவப்பட்டிருக்கிறது. ஏற்றக்கலி நடைபெறும் காலத்தில் நகர்ந்த தொலைவை மட்டும் கணக்கில் எடுத்துக்கொள்வது, ஏன்?

விடை : நியூட்டனின் அசைவு விதிப்படி, அசையா நிலையிலிருந்து ஒரு பண்டம் அசைந்து குறிப்பிட்ட சீரான வேகம் ஒன்றை எய்து வதற்கு மட்டுமே விசை தேவைப்படுகிறது. சீரான வேகத்தை எய்திய பிறகு, அப்பண்டம் வேறுதடைகள் இல்லாவிட்டால் தொடர்ந்து அதே சீரான வேகத்தில் போய்க்கொண்டே யிருக்கும். ஆதலால் சீரான வேகம் எய்தும் வரை அதாவது ஏற்றக்கலி நடைபெறும் காலத் தில் நகர்ந்த தொலைவை கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகின்றது.

வினா : ஒரு நொடிப்பொழுதிற்குள் ஆற்றப்படும் வேலையளவை வல்லமை என்கிறோம். அதாவது நொடிப்பொழுதை (செகண்டை) அடிப்படையாக எடுத்துக்கொள்கிறோம். இதேபோல் ஏற்றக் கலியைக் கணக்கிடும்பொழுதும் ஒரு நொடி யையே ஆதாரப்படுத்தியிருக்கிறோம். ஆனால் ஒரு நொடிப்பொழுதிலும் குறைந்த அளவுடைய நேரமும் உண்டல்லவா?

விடை: திண்ணமாக உண்டு. ஒரு நொடிப்பொழுதை 100கோடி பாகங்களாகப் பிரித்து ஒருபாகத்தை நோனுசெக்கண்டு(Nona second) என்கிறார்கள். இந்த நுண்ணிய நொடிப்பொழுதை கம்ப்யூட்டர் (computer) இயலில் கணக்கிடுகிறார்கள். பொதுப்படையாக, அடிப்படைப் பௌதிக இயலுக்கு ஒரு நொடிப்பொழுது அளவே போதுமானதாயிருக்கிறது.

வினா: ஒரு பண்டம், ஏற்றக்கலியை எய்தி சீரான வேகம் ஒன்றில் இயங்குவதற்கு வெளிவிசை தான் தேவைப்படுகிறது. அப்படியானால் அந்த வெளிவிசையைத்தானே கணக்கிடல் வேண்டும். ஆனால், வெளிவிசைக்குள்ளான பண்டத்தின் விசையை, பண்டம் × ஏற்றக்கலி எனக் கணக்கிடுதல் ஏன்?

விடை: துள்ளி ஓடும் இளங்கன்று ஒன்று கட்டுத் தறியில் கட்டிவைக்கப்பட்டிருக்கிறது என்று வைத்துக்கொள்வோம். அவிழ்த்த உடனேயே கன்று ஓடும் என்றும் வைத்துக்கொள்வோம். அப்படியானால் கன்று ஓடுவதற்கு அதனுடைய வலிமைதானே முதன்மையான காரணம்? அதே போல், ஒருபண்டத்தின் இயக்கம் அப்பண்டத் தின் உள்ளே அடங்கியிருக்கும் விசை விடு படுவதாலேயே நடைபெறுகிறது. இதனாலேயே உள்விசை விடுபடுதலை, நியூட்டன், எழுப்பப் படும் விசை (impressed force) என்றார்.

வினா: ஐன்ஸ்டீன் அவர்கள் ஒரு பண்டத்தின் உச்ச

அளவு ஆற்றலை கீழ்க்கண்ட ஈடாக்கத்தில் கொடுத்திருக்கிறார்.

$$E = mc^2$$

இங்குE என்பது உச்சஅளவு ஆற்றல் (Energy)

m என்பது பிண்டம் (mass);

c என்பது ஒளியின் வேகம்.

சாதாரண பௌதிக இயலின்படி, நியூட்டன் விதிக்கேற்ப, ஆற்றல் என்பது பிண்டம் × ஏற்றக்கலி × கடப்புத் தொலைவு என்பது தானே? இந்தச் சூத்திரம், ஐன்ஸ்டீனின் சூத்திரத்தோடு பொருந்தவில்லையே, ஏன்?

விடை: ஐன்ஸ்டீன் அவர்களின் மேற்படி ஈடாக்கம் கால்குலஸ் முறைப்படி செவ்வனே எண்பிக்கப் பட்டிருக்கிறது. எனினும் எளியமுறையில் நியூட்டன் விதிக்கிணங்கவும் ஐன்ஸ்டீன் சூத்திரத்தை மெய்ப்பிக்க முடியும்.

$$E = mc^2 = m \times c \times c$$

= பிண்டம் × ஏற்றக்கலி × கடப்புத்தொலைவு

இதில் கவனிக்கத்தக்கது ஏற்றக்கலியின் மதிப்பும் கடப்புத்தொலைவின் மதிப்பும் ஒரே அளவுடைய தாகவுள்ளது என்பதுதான். இப்படி அமைவதற்குக் காரணம் கீழ்க்கண்டவாறு:

c என்பது ஒளியின் வேகம். இந்த வேகத்தை ஒரு பண்டம் எய்தும்பொழுது, அப்பண்டம், பண்டமாக இல்லாமல், முழுவதும் ஆற்றலாக மாறிவிடுகின்றது. எனவே எந்தப் பண்டமும் எய்தக்கூடிய உச்ச அளவு வேகம், இந்த

ஒளியின் வேகம்தான். இதிலிருந்து, ஒரு பண்டத்தின் உச்ச அளவு ஆற்றல் திறன் அளவும் மேற்படி சூத்திரத்தின் அளவுதான் என்பது பெறப்படுகிறது.

ஒரு பண்டம், ஒளியின் வேகத்தை எய்து வதற்கு ஏற்றக்கலி என்ற நிகழ்ச்சி நடைபெறும் அல்லவா? ஏற்றக்கலி நிகழ்ச்சி ஒரு நொடிப் பொழுதின் நுண்ணிய பகுதிக்குள்ளேயே நடைபெற்றுவிடுகிறது; தொடர்ந்து, அந்த ஒரு நொடிப்பொழுதின் இறுதியிலே ஒளியின் வேகத்திற்குரிய தொலைவையும் கடந்துவிடுகிறது. ஆகவேதான் ஏற்றக்கலியின் அளவும், கடப்புத்தொலைவின் அளவும் ஒரே மதிப்பை யுடையதாய் இருக்கின்றன. எனவே

$$E = m \times c \times c = mc^2$$

(ஒளியின் வேகம் = *1,86,242* மைல்/நொடி அல்லது மூவாயிரம் கோடி சென்ட்டிமீட்டர்/நொடி)

சூத்திரங்களின் பதிகம்

ஈடாக்க அமைப்பு	செய்யுள் அமைப்பு
விரைபாங்கைக் கணித்தல் வி = ஏநே; (வி = விரைபாங்கு; ஏ = ஏற்றக்கலி நே = நேரக்கழிவு) வி ஈடாகும் ஏநே பெருக்கல் $V = at$; (V = velocity; a = acceleration t = time taken)	பெருக்கிய ஏற்றக்கலியும் நேரமும் விரைபாங் காகும் அஃதே வேகம்
இறுதி வேகத்தைக் கணித்தல் இ = மு + ஏநே; (இ = இறுதிவேகம்; மு = துவக்க வேகம்;) இ ஈடாகும் முஒடு ஏநே $V = U + at$; (V = final velocity; U = initial velocity)	ஏற்றக் கலியால் காலம் பெருக்கி முதலுடன் கூட்டின் காலம் இறுமே வேகம்
துவக்கக் கடப்புத்தொலைவைக் கணித்தல் க = $\frac{1}{2}$ ஏநே^{2}; (க = கடப்புத்தொலைவு) க ஈடாகும் அரை ஏநே அடுக்கே $S = \frac{1}{2}at^2$; (S = Distance described)	ஏற்றம் ஈரடு பொழுதரை பெருக்கின் தோற்றம் ஆகும் துவக்கக் கடப்பே

கிளர்த்தி ஆற்றலைக் கணித்தல்

கி = $\frac{1}{2}$பிவி^{2}; (கி = கிளர்த்தி ஆற்றல்; பி = பிண்டம்)
கி ஈடாகும் அரைப் பிவி அடுக்கே

$K = \frac{1}{2}mv^2$; (K = kinetic energy; m = mass)

விரைபாங்கடுக்கினை பிண்டம் பெருக்கிய
அரை அளவாகும் ஆற்றல் கிளர்த்தி

பொதியல் ஆற்றலைக் கணித்தல்

பொ = எநி; (பொ = பொதியல் ஆற்றல்; எ = எடை
நி = உயரநிலை)
பொ ஈடாகும் எநி பெருக்கல்

எடையும் இருக்கை உயரமும்பெருக்கின்
புடைபெயர் கரந்த பொதியல் ஆற்றலாம்

புவிஈர்ப்புடன் பொருத்தி விரைபாங்கைக் கணித்தல்

வி = $\sqrt{2 \text{ ஈ நி}}$; (ஈ = புவிஈர்ப்பு)
வி ஈடாகும் ஈர்ஈ நிவேர்

ஈரீர்ப்புயர்ச்சியின் வேர்விரைபாங்கே

இயல்பும் அலகும் : அட்டவணைச் சுருக்கம்

இயல்பு விளக்கம்	மெட்ரிக் முறையில் அடிப்படை அலகு	பிரிட்டிஷ் முறையில் அடிப்படை அலகு
	விசை (Force)	
பிண்டம் × ஏற்றக்கலி = விசை (Mass × acceleration = force)	1 கிராம் × 1 செ.மீ / நொடி^{2} = 1 டைன்	1 பவுண்டு × 1 அடி / நொடி^{2} = 1 பவுண்டால்
	வேலையளவு (Work done)	
விசை × கடப்புத்தொலைவு = வேலையளவு (Force × Distance = work done)	1 டைன் × 1 செ.மீ = 1 எர்க் 10^7 எர்க் = 1 ஜோல்	1 பவுண்டால் × 1 அடி = 1 அடிப்பவுண்டால்
	வல்லமை (Power)	
வேலையளவு / நொடி = வல்லமை (Workdone / second = power)	1 ஜோல் / நொடி = 1 வாட் 1000 வாட் = 1 கிலோ வாட்	550 அடிப்பவுண்டு / நொடி = 1 பரிவல்லமை

பொறியாண்மை நுட்ப விளக்கம்
(அடங்கல் 1)
நூலில் கையாண்டுள்ள குறியீடுகளின் பதிகம்

1 Absolute Unit தனித்த அலகு
2 Acceleration ஏற்றக்கலி
3 Body சட்டகம்
4 Compound கூட்டிகை
5 Direction நெறிப்போக்கு; நெறியாங்கு
6 Dynamics வீறுண்மை
7 Element தனிமம்
8 Equation ஈடாக்கம்
9 Equilibrium ஈடமையிருப்பு; ஈடமையிருத்தம்
10 Express கதிக்கம் Express train கதிக்கப் பயில்தி
11 Gas ஆவி
12 Horse Power பரிவல்லமை
13 Hydrogen நீரகம்
14 Inertia விறைப்பு
15 Kinetic energy கிளர்த்தி ஆற்றல்
16 Liquid ஈரடம்
17 Mass பிண்டம்
18 Moment அசைவாகு
19 Momentum அசைவாரம்
20 Oxygen தீயகம்
21 Potential energy பொதியல் ஆற்றல்
Potentiality பொதியலாங்கம்
22 Reaction மறுவினை
23 Retardation இறக்கக்கலி
24 Solid கட்டி
25 Statics நிலையாண்மை
26 Universe அண்டம்
27 Velocity விரைபாங்கு
28 Volume கனப்பருமன்
29 Warm Clothings வெதுப்பல் ஆடைகள்

குறிப்பு: 7, 13, 20, 26 ஆகியவை தவிர மற்ற குறியீடுகள் நூலாசிரியரால் புதிதாக அமைக்கப்பட்டவை

தனிமப் பட்டியல்

வரிசை எண்	தனிமப் பெயர்		அடையாளச் சின்னம்
1	ஆக்டினியம்	Actinium	Ac
2	அலுமினியம்	Aluminium	Al
3	அமெரிக்கியம்	Americium	Am
4	ஆன்ட்டிமனி	Antimony	Sb
5	ஆர்(ங்)கன்	Argon	Ar
6	ஆர்சனிக்	Arsenic	As
7	ஆஸ்டடைன்	Astatine	At
8	(ம்) பேரியம்	Barium	Ba
9	(ம்) பெர்கெலியம்	Berkelium	Bk
10	(ம்) பெரில்லியம்	Beryllium	Be
11	(ம்) பிஸ்மத்	Bismuth	Bi
12	(ம்) போரான்	Boron	B
13	(ம்) புரோமின்	Bromine	Br
14	காட்மியம்	Cadmium	Cd
15	கால்சியம்	calcium (சுண்ணகம்)	Ca
16	காலிஃபோர்னியம்	Californium	Cf
17	கார்(ம்)பன்	Carbon (காரிகம்)	C
18	செரியம்	Cerium	Ce
19	கேசியம்	Caesium	Cs
20	குளோரின்	Chlorine (பாசிகம்)	Cl
21	குரோமியம்	Chromium	Cr
22	கோ(ம்)பால்ட்	Cobalt	Co
23	காப்பர்	Copper (செம்பு)	Cu
24	கியூரியம்	Curium	Cm
25	(இ)டிஸ்ப்ரோசியம்	Dysprosium	Dy
26	ஐன்ஸ்டீனியம்	Einsteinium	En
27	எர்(ம்)பியம்	Erbium	Er

வரிசை எண்	தனிமப் பெயர்		அடையாளச் சின்னம்
28	ஈரோப்பியம்	Europium	Eu
29	ஃபெர்மியம்	Fermium	Fm
30	ஃபுளோரின்	Fluorine	F
31	ஃபிரான்சியம்	Francium	Fr
32	(ங்) கடோலினியம்	Gadolinium	Gd
33	(ங்) காலியம்	Gallium	Ga
34	ஜெர்மானியம்	Germanium	Ge
35	(ங்) கோல்ட்	Gold (தங்கம்)	Au
36	ஹாஃப்னியம்	Hafnium	Hf
37	ஹீலியம்	Helium	He
38	ஹால்மியம்	Holmium	Ho
39	ஹைட்ரஜன்	Hydrogen (நீரகம்)	H
40	இண்டியம்	Indium	In
41	அயோடின்	Iodine	I
42	இரிடியம்	Iridium	Ir
43	அயன்	Iron (அயம் (இரும்பு)	Fe
44	க்ரிப்டான்	Krypton	Kr
45	லான்தனம்	Lanthanam	La
46	லாவரண்சியம்	Lawarantium	Lw
47	லெட்	Lead (ஈயம்)	Pb
48	லித்தியம்	Lithium	Li
49	லுடேஷியம்	Lutetium	Lu
50	ம(ங்)க்னீசியம்	Magnesium	Mg
51	மாங்கனீஸ்	Manganese	Mn
52	மெண்டிலிவியம்	Mendelevium	Mv
53	மெர்க்குரி	Mercury (பாதரசம்)	Hg
54	மோலி(ம்)ப்டினம்	Molybdenum	Mo

வரிசை எண்	தனிமப் பெயர்		அடையாளச் சின்னம்
55	நியோடிமியம்	Neodymium	Nd
56	நியான்	Neon	Ne
57	நெப்டுனியம்	Neptunium	Np
58	நிக்கல்	Nickel	Ni
59	நியோ(ம்)பியம்	Niobium	Nb
60	நைட்ரஜன்	Nitrogen (காலகம்)	N
61	நொ(ம்)பீலியம்	Nobeilium	No
62	ஆஸ்மியம்	Osmium	Os
63	ஆக்சிஜன்	Oxygen (தீயகம்)	O
64	பல்லேடியம்	Palladium	Pd
65	பாஸ்பரஸ்	Phosphorous	P
66	பிளாட்டினம்	Platinum	Pt
67	புளூட்டோனியம்	Plutonium	Pu
68	பொலோனியம்	Polonium	Po
69	பொட்டாசியம்	Potassium	K
70	பிரசியோடைமியம்	Praseodymium	Pr
71	புரோஃபேக்டினியம்	Profactinium	Pa
72	புரோமித்தியம்	Promethium	Pm
73	ரேடியம்	Radium	Ra
74	ரேடான்	Radon	Rn
75	ரீஃனியம்	Rhenium	Re
76	ரோஃடியம்	Rhodium	Rh
77	ரூ(ம்)பிடியம்	Rubidium	Rb
78	ருத்தினியம்	Ruthinium	Ru
79	சமேரியம்	Samarium	Sm
80	ஸ்கேண்டியம்	Scandium	Sc
81	செலினியம்	Selenium	Se

வரிசை எண்	தனிமப் பெயர்		அடையாளச் சின்னம்
82	சிலிகான்	Silicon (வெங்கச்சான்)	Si
83	சில்வர்	Silver (வெள்ளி)	Ag
84	சோடியம்	Sodium	Na
85	ஸ்ட்ரோன்ஷியம்	Strontium	Sr
86	சல்ஃபர்	Sulphur (கந்தகம்)	S
87	டான்ட்டலம்	Tantalum	Ta
88	டெக்னிஷியம்	Technitium	Tc
89	டெல்லுரியம்	Tellurium	Te
90	டெர்(ம்)பியம்	Terbium	Tb
91	தால்லியம்	Thallium	Tl
92	தோரியம்	Thorium	Th
93	தூலியம்	Thulium	Tu
94	டின்	Tin	Sn
95	டிட்டேனியம்	Titanium	Ti
96	டங்ஸ்ட்டன்	Tungston	W
97	யுரேனியம்	Uranium	U
98	வனேடியம்	Vanadium	V
99	செனன்	Xenon	Xe
100	இட்டர்(ம்)பியம்	Ytterbium	Yb
101	இட்ரியம்	Yttrium	Y
102	ஜின்க்	Zinc (துத்தநாகம்)	Zn
103	ஜிர்க்கோனியம்	Zirconium	Zr

தமிழ்நாடு பொறியியல் சங்கம்
(பொதுப்பணித்துறை)

அலுவலகச் செய்தி ஏடு

'பொறியியல் கதிர்'

★ பொறியாளர் சமுதாயத்தின் நலன்களைக் கட்டிக் காக்கவும்,

★ பொறியியல் நுட்பங்களில் தேர்ச்சியை வளர்க்கவும்

★ ஆக்கப் பணிகளாகிய பொறியியல் பணிகளில் நிறைவான முன்னேற்றம் காணவும்

திங்கள் தோறும் சென்னையிலிருந்து வெளிப்படுகின்றது !
சுவை புதிது ! சொல் புதிது ! பொருள் புதிது !
எனச் சுடர் வீசித் திகழ்கின்றது !
ஆண்டுக்கட்டணம் ஐந்தே ரூபாய் !
ஒவ்வொரு பதினைந்தாம் தேதியும் செவ்வனே உங்கள் வீடு தேடி வரும் !

தொடர்பு கொள்க : *பொதுச் செயலாளர்*
தமிழ்நாடு பொறியியல் சங்கம்
(பொதுப்பணித்துறை)
சேப்பாக்கம், சென்னை - 5.

பொறியியல் கதிர் ! *பொறியாளர் உயிர் !*

தமிழ்நாடு பொறியியல் சங்கம் (பொதுப்பணித்துறை)

பெருமிதத்துடன் அளிக்கும்

பொறியாண்மை நுட்ப விளக்கம்

(முதல் அடங்கல்)

- ★ இலக்கியச் சுவையுடன் இலக்கண நயமுடன் துலக்கம் செய்யும் தூண்டா விளக்கம்!
- ★ ஆங்கில நூல் எதனின் மொழிபெயர்ப்பன்று! ஓங்கு தமிழில் பாங்குடன் யாத்த ஊற்ற முதல் நூல்!
- ★ நடப்பு முறையிலும் செய்யுள் முறையிலும் தொடுக்கப்பெற்ற சூத்திரங்கள் படைப்பது!
- ★ மாணவர் மகிழ்வுறும் வகையில் தனிநடை!
- ★ தெளிவிலே பளிங்கு! தெரிதல்பல் மடங்கு!

தமிழ்நாடு பொறியியல் சங்கம் (பொ. ப. து.)

நிறுவனம்: 1910

மணி விழா நினைவு வெளியீடு

பொறியாண்மை நுட்ப விளக்கம்

(முதல் அடங்கல்)

ஆக்கம்: அய்யூர் இ. அப்பாஸ் மந்திரி, எல். சி. இ.,